

Estudio técnico y mantenimiento de una grúa porta-contenedores



Ingeniería técnica naval especializada en propulsión y servicios del barco

Diana Fernández Pérez

Director: Ramón Grau Mur

Facultad de Náutica de Barcelona

Enero 2009

Alçant els punys pots perculdir la lluna

*No tot és desar somnis pels calaixos
rodejats d'enemics o bé d'objectes
que subtilment i astuta ens empresonen.*

*Perquè viure és combatre la peresa
de cada instant i restablir la fonda
dimensió de tota cosa dita,
podem amb cada gest guanyar nous àmbits
i amb cada mot acréixer l'esperança.*

*Serem allò que vulguem ser.
Pels vidres
del ponent encrespat, la llum esclata.*

Miquel Martí i Pol

*Dedicado a mi familia, en especial a mi madre, por la ayuda y
confianza que me han brindado siempre, y a mis amigos por el
apoyo que me han ofrecido.*

Agradecimientos

Al departamento de mantenimiento de la terminal TCB y a los estibadores del puerto de Barcelona, en especial a Manel González Ruiz, por transmitirme la pasión que tiene por su trabajo y por la grúa que él opera, como ellos la llaman, la grúa puente.



Índice de capítulos

| | |
|--|---------|
| 1. Introducción..... | pág. 15 |
| 2. Tipos de grúas y equipos de elevación y transporte..... | pág. 17 |
| 2.1. Grúas y equipos de elevación y transporte de contenedores..... | pág. 17 |
| 2.1.1. Grúas de elevación de contenedores..... | pág. 17 |
| 2.1.2. Equipos de transporte de contenedores..... | pág.19 |
| 2.2. Grúas y aparatos de elevación y transporte de diferentes mercancías..... | pág. 21 |
| 3. Capacidades, números de ciclos y tiempo de ciclos..... | pág. 25 |
| 3.1. Capacidades y ciclos..... | pág. 25 |
| 3.2. Definición de tiempos, actividades y cantidades..... | pág. 27 |
| 3.2.1. Tiempos relacionados con los buques..... | pág. 27 |
| 3.2.2. Tiempos relacionados con el personal..... | pág. 28 |
| 3.3. Productividad del buque y del personal..... | pág. 29 |
| 4. Generalidades..... | pág. 31 |
| 5. Características técnicas..... | pág. 33 |
| 6. Tipos de grúas..... | pág. 37 |
| 6.1. Feeder..... | pág. 37 |
| 6.2. Panamax..... | pág. 38 |
| 6.3. Post-panamax..... | pág. 39 |
| 6.4. Super post-panamax..... | pág. 40 |
| 7. Descripción de las diferentes partes de la grúa y sus sistemas..... | pág. 41 |
| 7.1. La estructura..... | pág. 41 |
| 7.1.1. La viga principal..... | pág. 41 |
| 7.1.2. La estructura superior..... | pág. 41 |
| 7.1.3. La estructura inferior..... | pág.42 |
| 7.2. Caseta de maquinaria..... | pág. 44 |
| 7.3. Cabina..... | pág. 47 |
| 7.4. El carro..... | pág. 48 |

| | |
|--|---------|
| 7.4.1. Tipos de carros..... | pág. 48 |
| 7.4.1.1 Carro simple..... | pág.48 |
| 7.4.1.2. Carro giratorio..... | pág. 49 |
| 7.5. El carro auxiliar..... | pág. 50 |
| 7.6. Sistemas de la grúa portacontenedores..... | pág. 51 |
| 7.6.1. El mecanismo de elevación..... | pág. 52 |
| 7.6.1.1. Elementos mecánicos..... | pág. 52 |
| 7.6.1.2. Elementos eléctricos..... | pág. 55 |
| 7.6.1.3. Sistema hidráulico principal..... | pág. 57 |
| 7.6.1.4. Elementos de seguridad..... | pág. 59 |
| 7.6.2. El mecanismo de translación del carro..... | pág. 62 |
| 7.6.2.1. Elementos mecánicos..... | pág. 62 |
| 7.6.2.2. Elementos eléctricos..... | pág. 64 |
| 7.6.2.3. Elementos hidráulicos..... | pág. 66 |
| 7.6.2.4. Elementos de seguridad..... | pág. 68 |
| 7.6.3. El mecanismo de traslación del pórtico..... | pág. 70 |
| 7.6.3.1. El pórtico..... | pág. 70 |
| 7.6.3.2. Elementos mecánicos..... | pág. 71 |
| 7.6.3.3. Elementos eléctricos..... | pág. 72 |
| 7.6.3.4. Elementos hidráulicos..... | pág. 73 |
| 7.6.3.5. Elementos de seguridad..... | pág.73 |
| 7.6.4. El mecanismo de izado de la pluma..... | pág. 75 |
| 7.6.4.1. Elementos mecánicos..... | pág. 75 |
| 7.6.4.2. Elementos eléctricos..... | pág. 78 |
| 7.6.4.2. Elementos de seguridad..... | pág. 79 |
| 7.7. Elementos de suspensión..... | pág. 80 |
| 7.7.1. Spreader..... | pág. 81 |
| 7.7.1.1. Tipos de spreaders..... | pág. 83 |
| 7.7.1.2. Elementos de un spreader..... | pág. 87 |
| 7.13. Elementos..... | pág. 90 |
| 7.13.1. Cables..... | pág. 90 |
| 7.13.2. Poleas..... | pág. 92 |
| 7.13.3. Tambores..... | pág. 94 |
| 7.13.4. Carriles..... | pág. 95 |
| 7.13.5. Ruedas..... | pág. 96 |

| | |
|---|----------|
| 8. Mantenimiento..... | pág. 100 |
| 8.1. Tipos de mantenimiento..... | pág. 100 |
| 8.1.1. Mantenimiento preventivo..... | pág. 100 |
| 8.1.2. Mantenimiento correctivo..... | pág. 101 |
| 8.2. Envejecimiento de la grúa..... | pág. 102 |
| 8.3. Manuales de mantenimiento..... | pág. 102 |
| 8.4. Periodos de mantenimiento..... | pág. 103 |
| 9. Mantenimiento de las diferentes partes de la grúa..... | pág. 105 |
| 9.1. Mantenimiento mecánico..... | pág. 105 |
| 9.1.1. Mantenimiento realizado a la estructura..... | pág. 105 |
| 9.1.2. Mantenimiento realizado al carro..... | pág. 107 |
| 9.1.3. Mantenimiento realizado a los frenos..... | pág. 108 |
| 9.2. Mantenimiento eléctrico..... | pág. 109 |
| 9.2.1. Mantenimiento de los motores..... | pág. 109 |
| 9.2.2. Controles..... | pág. 112 |
| 9.2.3. Tableros..... | pág. 112 |
| 9.2.4. Radiomandos..... | pág. 112 |
| 9.2.5. Limitadores de fin de carrera y carga..... | pág. 112 |
| 9.2.6. Cuadros de maniobra y carga..... | pág. 113 |
| 9.2.7. Relés térmicos..... | pág. 113 |
| 9.2.8. Mantenimiento eléctrico general..... | pág. 114 |
| 9.3. Mantenimiento del sistema hidráulico..... | pág. 115 |
| 9.4. Mantenimiento de los diferentes elementos..... | pág. 116 |
| 9.4.1. Mantenimiento del spreader..... | pág. 116 |
| 9.4.2. Mantenimiento de las poleas..... | pág. 116 |
| 9.4.3. Mantenimiento de los cables..... | pág. 116 |
| 9.4.4. Mantenimiento de los tambores..... | pág. 117 |
| 9.4.5. Mantenimiento de las ruedas..... | pág. 117 |
| 10. Programa de mantenimiento..... | pág. 119 |
| 10.1. Programa de mantenimiento de la estructura..... | pág. 119 |
| 10.2. Programa de mantenimiento de la caseta de maquinaria..... | pág. 119 |
| 10.3. Programa de mantenimiento de la cabina..... | pág. 120 |
| 10.4. Programa de mantenimiento de varios elementos..... | pág. 120 |
| 10.5. Programa de mantenimiento del mecanismo de elevación..... | pág. 121 |
| 10.6. Programa de mantenimiento del mecanismo de | |

| | |
|---|----------|
| traslación del carro..... | pág. 122 |
| 10.7. Programa de mantenimiento del mecanismo de traslación del pórtico..... | pág. 123 |
| 10.8. Programa de mantenimiento del mecanismo de izado de la pluma..... | pág. 124 |
| 10.9. Programa de mantenimiento de lubricación..... | pág. 125 |
| 11. Planificación de mantenimiento..... | pág. 127 |
| 11.1. Distribución de los trabajos a realizar por unidad..... | pág. 127 |
| 11.2. Distribución de la carga de trabajos..... | pág. 128 |
| 12. Impacto medioambiental..... | pág. 135 |
| 13. Conclusiones..... | pág. 137 |
| 14. Bibliografía..... | pág. 139 |
| 15. Anexos..... | pág. 143 |

Índice de figuras

- Figura 1: Terminal de contenedores de Bremerhaven.
- Figura 2. Grúas portacontenedores del puerto de BCN. Fuente: www.oepb.org
- Figura 3. Gráfica de producción en TEUS de la terminal de TCB.
- Figura 4.Grúas portacontenedores. Fuente: <http://www.zpmc.com/...0577077.jpg>
- Figura 5. Grúa pórtico. Fuente: <http://en.zpmc.com/.../27/58520034.gif>
- Figura 6. Reach Stacker. Fuente: <http://www.tts-academy...ReachStacker.aspx>
- Figura 7. Straddle Carriers del Puerto Norte de Malaysia. Fuente: <http://en.wi...jpg>
- Figura 8. Grúa frontal de contenedores vacíos. Fuente: <http://www.facebook.com/>
- Figura 9. Mafi trailer. Fuente: Carlos Carballo (Estibador del puerto de BCN)
- Figura 10. .Grúa de cuello de cisne. Fuente: <http://www.kranbau-eberswalde.de>
- Figura 11. Camión grúa. Fuente: www.autocrane.com/.../titan38.jpg
- Figura 12. Grúa de cuello de cisne desmontable. Fuente: <http://image...ffinter1.jpg>
- Figura 13. Grúa de carga. Fuente: www.ecrane-usa.com/.../ecrane_foto1.jpg.
- Figura 14.Grúa torre. Fuente: <http://www.archidose.org/Blog/cranes1.jpg>
- Figura 15. Gráfica evolutiva de la terminal de TERCAT. Fuente: <http://www.tercat.es/>
- Figura 16. Descarga de un buque Super post-Panamax. Fuente: blog.builddirect.com
- Figura 17.Partes de una grúa portacontenedores.
- Figura 18.Cable de alimentación de una grúa portainer. Fuente: Autora.
- Figura 19. Autómata programable en la caseta de maquinaria. Fuente: Autora.
- Figura 20. Asiento y mandos de la cabina de operaciones. Fuente: Autora.
- Figura 21. Pantalla del sistema de video. Fuente: Autora.
- Figura 22. Tabla de características principales de grúa Feeder.

- Figura 23. Grúa Feeder. Fuente: <http://www.paceco.es/INDEXSPAIN.htm>
- Figura 24. Tabla de características principales de grúa Panamax
- Figura 25. Grúa Panamax Fuente: <http://www.paceco.es/INDEXSPAIN.htm>
- Figura 26. Tabla de características principales de grúa Post-Panamax
- Figura 27. Grúa Post-panamax Fuente: <http://www.paceco.es/INDEXSPAIN.htm>
- Figura 28. Tabla de características principales de grúa Super Post-Panamax
- Figura 29. Grúa Super post-panamax. Fuente:
<http://www.paceco.es/INDEXSPAIN.htm>
- Figura 30. Estructura de una grúa portacontenedores del puerto de Algeciras.
Fuente: <http://www.canonistas.com/foros/...grua-portainer-13-fotos-unidas.html>
- Figura 31. Caseta de maquinaria de una grúa portacontenedores de la terminal de TERCAT. Fuente: Autora.
- Figura 32. Sala mecánica. Fuente: Autora.
- Figura 33. Despacho de control de la caseta de maquinaria. Fuente: Autora.
- Figura 34. Izquierda. Sala blanca de la caseta maquinaria. Fuente: Autora.
- Figura 35. Derecha. Sistema eléctrico. Fuente: Autora.
- Figura 36. Equipo de transformación de alta tensión. Fuente: Autora.
- Figura 37. Foto de cabina grúa porta-contenedores. Fuente: Autora.
- Figura 38. Carro aligerado. Fuente: Libros de Grúas.
- Figura 39. Trayectoria de los cables de elevación. Fuente: Libros de Grúas.
- Figura 40. Mecanismo de elevación de una grúa portacontenedores. Fuente:
Libro de Grúas.
- Figura 41. Carro auxiliar.
- Figura 42. Carro de una grúa porta-contenedores.
- Figura 43. Tambores de cable de una grúa porta-contenedores.
- Figura 44. Freno del mecanismo de elevación.

- Figura 45. Freno de seguridad del mecanismo de elevación.
- Figura 46. Motor eléctrico del sistema de elevación. Fuente: Autora.
- Figura 47. Motores de traslación del carro ubicados en el mismo. Fuente: Autora.
- Figura 48. Tambor de cable. Fuente: Autora.
- Figura 49. Motor y reductor del carro de traslación. Fuente: Autora.
- Figura 50. Paquete de rodadura de grúa porta-contenedores Fuente: Autora.
- Figura 51. Carretones del pórtico. Fuente: Autora.
- Figura 52. Motor y reductor del mecanismo de traslación. Fuente: Autora.
- Figura 53. Pluma elevada de una grúa portainer de Valencia. Fuente:
<http://frikingenieria.wordpress.com/2008/03/03/visita-a-las-portainer-de-valencia/>
- Figura 54. Freno de maniobra de la pluma. Fuente: Autora.
- Figura 55. Freno de seguridad o de banda. Fuente: Autora.
- Figura 56. Tambor de cable del mecanismo de izado de la pluma. Fuente: Autora.
- Figura 57. Cable del mecanismo de izado de la pluma. Fuente: Autora.
- Figura 58. Motor del mecanismo de izado de la pluma. Fuente: Autora.
- Figura 59. Partes de un spreader.
- Figura 60. Mecanismo de guiado (flippers). Fuente: Autora.
- Figura 61. Detalle de un Twist-lock. Fuente: Libros de Grúas.
- Figura 62. Sprader simple con accionamiento manual Fuente: Libros de Grúas.
- Figura 63. Spreader simple con accionamiento semiautomático Fuente: Libros de Grúas.
- Figura 64. Spreader para grúa portacontenedores. Fuente: Libros de Grúas.
- Figura 65. Spreader puntual automático. Fuente: Libros de Grúas.
- Figura 66. Estructura de un spreader. Fuente: www.bromma.com.
- Figura 67. Tabla resistencia de los cables en función del diámetro. Libro Grúas.

- Figura 68. Tabla de diámetros de utilización en función de la composición de los cables. Libro Grúas.
- Figura 69. Poleas del cable de traslación del carro. Fuente: Autora.
- Figura 70. Rueda del mecanismo de traslación del pórtico. Fuente: Autora.
- Figura 71. Estructura de una grúa porta-contenedores. Fuente: Facebook
- Figura 72. Mantenimiento de una grúa. Fuente: <http://www.cranepartnerltd.com>.
- Figura 73. Poleas del mecanismo de izado de la pluma. Fuente: Autora.
- Figura 74. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de la estructura.
- Figura 75. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de la caseta de maquinaria.
- Figura 76. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de la cabina.
- Figura 77. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de varios elementos.
- Figura 78. Tabla del programa de mantenimiento preventivo del mecanismo de elevación.
- Figura 79. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de mecanismo de traslación del carro.
- Figura 80. Tabla del programa de mantenimiento preventivo del mecanismo de traslación del pórtico.
- Figura 81. Tabla del programa de mantenimiento preventivo del mecanismo de izado de la pluma.
- Figura 82. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de la lubricación de los componentes de la grúa.

1. Introducción

Sin aplicar el amplio complejo de aparatos y máquinas de elevación y transporte serían inconcebibles la liquidación de los trabajos manuales de carga y descarga, la supresión del pesado trabajo a mano, al efectuar las operaciones fundamentales.

Las operaciones de carga y descarga en los almacenes, talleres, y puestos de transbordo se encuentran vinculados con distintos tipos de aparatos y máquinas de elevación y transporte que permiten ejecutar los procesos de elaboración, éstos equipos determinan la eficacia de la producción moderna, y el nivel de la mecanización tecnológico determina el grado de perfección y la propiedad de la empresa.

Los aparatos y máquinas de elevación que trabajan a elevadas velocidades y poseen gran capacidad de carga aparecieron como la perfección gradual de las máquinas en el curso de mucho tiempo.

En la antigüedad se realizaban trabajos de construcción vinculados con la elevación y el desplazamiento de grandes cargas, en el caso de la construcción de las pirámides egipcias.

Los primeros medios de mecanización fueron las palancas, los rodillos y planos inclinados, para realizar grandes trabajos con este equipo se necesitaba enorme cantidad de gente. Los elevadores de palanca, prototipos de grúas de brazo modernas, se utilizaban en China e India para elevar agua. Seguidamente aparecieron las poleas, y los tornos.

Las primeras grúas modernas nacieron de la contribución a perfeccionar las máquinas de elevación y ampliar la esfera de su aplicación, dichas grúas tenían el accionamiento manual y accionamiento con ayuda de ruedas de malacate e hidráulicas, al principio se fabricaban de madera y solo para los ejes y ganchos se empleaba el acero. En 1860 se construyó la grúa movida de vapor y en los años 80 de aquel siglo empezaron a emplear las grúas con motor eléctrico. Un gran mérito en el desarrollo de la técnica de elevación y transporte pertenece a los mecánicos rusos. En el siglo XI para elevar pesos hacían uso de sistemas de aparatos complejos.

La producción moderna de aparatos y máquinas de elevación y transporte se basa en la creación de construcciones unificadas y bloques que permiten obtener el efecto más alto technicoeconómico al fabricar y explotar aparatos y máquinas, la producción a su vez asegura la elevación de la calidad de los conjuntos fabricados.

El principio de la unificación y construcción en bloques crea la base para la producción en serie de los aparatos y máquinas de elevación y transporte así como para ampliar la cooperación entre distintas plantas especializadas.

Los aparatos y máquinas de elevación y transporte son diversos por su destinación, principios de acción y construcción.

En sus inicios, el movimiento de contenedores en los puertos se realizaba con grúas convencionales y aparejos específicos destinados al anclaje de los mismos en el gancho de la grúa.

La necesidad de incrementar el movimiento de mercancías provocó el nacimiento de un nuevo concepto en el transporte de las mismas: el contenedor.

Gradualmente, han ido apareciendo diseños específicos de grúas para la manipulación de contenedores tierra-barco. Estas grúas de contenedores son la materia de la que trata este proyecto.

En la actualidad el movimiento de mercancías a través de contenedores está aumentando, por lo que a su vez está en continua evolución la tecnología de las grúas.

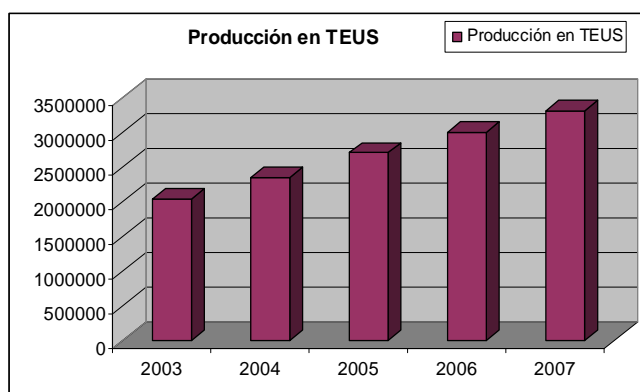


Figura3. Gráfica de producción en TEUS de la terminal de TCB.

Con la redacción de este proyecto se pretende dar unos conocimientos básicos para el funcionamiento, seguridad y mantenimiento de las grúas de contenedores.

2. Tipos de grúas y equipos de elevación y transporte

Existen muchos tipos de grúas con formas diversas y funciones diferentes dentro de un ciclo de trabajo, pero todas con un objetivo básico común, a pesar del campo de aplicación y la zona de trabajo, que es el de elevar una carga y moverla transportándola de un sitio a otro, ya sean containers, carga a granel, materiales como tubos, planchas, etc.

La localización de las grúas en el sector marino se puede dividir en dos grandes zonas: a bordo de los buques y en el puerto.

Las ventajas de la primera atañen al tiempo de descarga y a la posibilidad de descargar en puertos que no dispongan de grúas. Por otro lado, los inconvenientes que presenta son que si se pretende descargar habitualmente en puertos que dispongan de medios, el amarre designado para los buques autoestibables suele estar alejado de los almacenes y demás con lo cual se deberá contratar transporte terrestre aparte de la estiba en la zona de tierra.

En el muelle la disposición de las grúas dependerá en gran medida del tipo de mercancía que se descarga en esa zona y de los años que tenga la terminal.

Las posibilidades de encontrar una grúa de columna giratoria o de una grúa de plataforma giratoria, preparadas para trabajar con cargas mixtas (granel, contenedores, fardos...), son muchísimo menores que las de encontrar una grúa portacontenedores (carga a granel y contenedores).

Un poco más aguas a dentro de las terminales contenedoras nos encontraremos las grúas pórtico (trastainers) cuya finalidad es exclusivamente la manipulación de los contenedores del parque, su altura viene determinada por los pisos de contenedores que se pretendan apilar. El transporte del muelle al parque se suele hacer con vehículos grúa (toros....).

Muchas veces las grúas de que dispone una terminal son obsoletas pero continúan operativas por el alto coste que tiene el desguace, en estos casos se ayuda a la descarga usando vehículos grúa.

2.1. Grúas y equipos de elevación y transporte de contenedores

2.1.1. Grúas de elevación de contenedores

- Grúa portacontenedores (container Quay crane): está destinada a la carga y descarga de contenedores en el muelle de un puerto, barco-tierra y viceversa.



Figura 4. Grúas portacontenedores.

- Grúa pórtico (automatic stacking crane): Grúa también llamada trastainer, consta de un puente elevado o pórtico soportado por dos patas a modo de un arco angulado, con capacidad para desplazar los contenedores en los tres sentidos posibles (vertical, horizontal y lateralmente), maniobrando sobre raíles (Rail Gantry Crane o Trastainer) o sobre neumáticos (Rubber Tire Gantry, RTG) en un espacio limitado.



Figura 5. Grúas pórtico.

2.1.2. Equipos de transporte de contenedores

- Grúa apiladora de alcance (Reach stackers): La grúa apiladora de alcance también llamada ricky, es uno de los equipos más flexibles a la hora de operar en puertos de pequeñas y medianas terminales. La reach stacker es capaz de transportar rápidamente un container en cortas distancias y apilarlos en varias filas dependiendo de su acceso. La reach stacker ha ganado terreno en el manejo de contenedores gracias a su flexibilidad y su alta capacidad de apilar y almacenar comparado con los toros mecánicos. También hay maquinas apiladoras que solo son usadas para el manejo de containers vacíos.



Figura 6. Reach Stacker.

- Grúa straddle carrier: El Straddle Carrier no es un vehículo guiado sobre raíles para uso en puertos, sino que es usado para el movimiento y apilamiento de containers estándar ISO. El Straddle coge y lleva el container, la carga que entre medio de la grúa. Esta máquina tiene la habilidad de apilar hasta 4 containers de altura, y es capaz de ir a bajas velocidades (hasta 30km/h) con un container cargado.



Figura 7. Straddle Carriers del Puerto Norte de Malaysia.

- Grúa frontal de contenedores vacíos (empty handlers): máquina utilizada para la manipulación de contenedores vacíos, puede coger 2 contenedores a la vez y apilar hasta 9 contenedores.



Figura 8. Grúa frontal de contenedores vacíos

- Grúa Maffi (Maffi trailer): también llamado tractor Ro-Ro, es una cabeza tractora para la estiba y desestiba de plataformas de camión (remolques) en los ferrys. Es una máquina de gran maniobrabilidad y potencia. El operario de la grúa maffi debe conocer bien la conducción de esta maquinaria para poder dejar la carga en posiciones del barco que en ocasiones resultan de gran dificultad.



Figura 9. Maffi trailer.

2.2. Grúas y aparatos de elevación y transporte de diferentes mercancías

- Grúa puente para cargas a granel (bulk unloader): está destinada a la carga y descarga de carga a granel a través de una cuchara, está situada en el muelle de un puerto.
- Grúa de cuello de cisne (level luffing cranes): también llamada grúa móvil, se puede encontrar en zonas portuarias, aserraderos, minerías, plataformas petrolíferas, etc. Su función es transportar objetos como tubos, planchas y similares.



Figura 10. Grúa de cuello de cisne.

- Camiones grúa (auto crane): esta instalada sobre un camión de forma que se pueda trasladar a las diferentes zonas de trabajo. Tiene como función mover objetos relativamente ligeros, pero no para transportarlos, aunque si puede hacerlo, pero no grandes distancias.



Figura 11. Camión grúa.

- Grúa pórtico para cargas no envasadas (bock crane): suele estar instaladas en astilleros o talleres de construcción y se suelen utilizar para mover piezas en el montaje de estructuras grandes dimensiones.
- Grúa de cuello de cisne desmontable (ringer crane): se puede montar en cualquier zona que se desee y después puede ser desmontada para llevarla a otro lugar. Se suele utilizar en la construcción de edificios o instalaciones donde se necesite mover grandes estructuras o mecanismos. Tiene la función de mover objetos de peso considerable.



Figura 12. Grúa de cuello de cisne desmontable.

- Grúa de carga (equilibrium crane): se puede encontrar en instalaciones portuarias, aserraderos, talleres de construcción. Es una grúa de tipo móvil y su función es mover objetos que puedan quedar bien sujetos con el enganche articulado que utiliza este tipo de estructura.



Figura 13. Grúa de carga.

- Grúa torre (tower crane): se suelen encontrar en construcciones de edificios u otras instalaciones y en zonas portuarias. Puede ser fija o desmontable, además de con o sin movimiento rotativo sobre su propio eje vertical. Su función principal es trasladar un objeto que esté al alcance de la pluma.



Figura 14. Grúas torre.

3. Capacidades, número de ciclos y tiempos de ciclo

3.1. Capacidades y ciclos

En el mundo marítimo a los contenedores se les hace referencia como TEUs ("Twenty-foot Equivalent Unit"). Es el tamaño que se ha establecido como base, tomando como unidad la capacidad de un contenedor de 20 pies. Al traducir el número de TEUs a un número de 'movimientos' se asume una proporción de 1:1 entre contenedores de 20'. Pero como la proporción de contenedores de 40 está aumentando, esto afecta al factor TEUs, que a la vez también está incrementándose hasta valores de 1:5, y en un futuro cercano, será razonable asumir un factor de 1:6.

Seguidamente se muestra una gráfica donde se puede observar el aumento del transporte de contenedores en los últimos años, llegando hasta duplicarse.

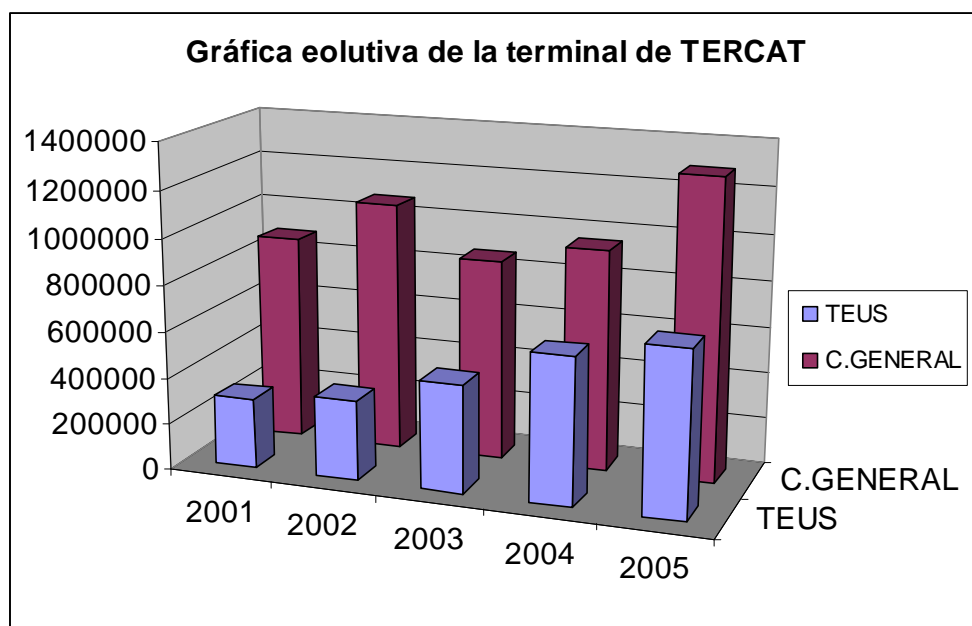


Figura15. Gráfica evolutiva de la terminal de TERCAT.

En la estiba y desestiba de contenedores siempre se habla sobre un número de ciclos o movimientos esperados o previstos por hora. De esta forma es como teóricamente puede calcularse el tiempo de trabajo que llevará descargar o cargar un buque, pero existen factores que afectarán a la eficiencia de las operaciones y que también se deberán tener en cuenta. A muchos estibadores les gustaría calcular usando una capacidad de 100-125 contenedores por hora y por barco, con un máximo de tres o cuatro grúas, trabajando juntas en la carga y descarga de un buque.

Por ejemplo:

| | |
|---|----------------------------------|
| Buque portacontenedores | 4000 TEU |
| Número de contenedores con un factor de TEU de 1:5 | $4000/1,5 = 2666 \text{ cont}$ |
| Número de contenedores descargados en puerto de destino 60% | $2666 * 0,6 = 1600 \text{ cont}$ |
| Numero de contenedores que asumimos que se van a cargar | 1200 cont |
| Numero total de contenedores que van a ser elevados | 2800 cont |
| Tiempo total en que el barco va estar amarrado en puerto | 24h |
| Se necesita un ritmo medio a la hora de | $2800/24 = 117 \text{ cont./h}$ |

Pero hay que tener en cuenta que las condiciones de trabajo afectarán al resultado final, por este motivo se consideran diferentes demoras que afectarán a la hora de calcular correctamente el rendimiento operativo de las grúas.

Tiempo operativo teórico (100%), demoras por causas diversas:

- Avería de la grúa
- Falta de contenedor a la hora de cargar
- Contenedor perdido
- Contenedor con bragas
- Cambio de instrucciones
- Puntales el buque
- Pluma de la grúa
- Tapas de buque
- Tiempo de trinca y destrinca
- Falta de personal (descansos, cambios de turno...)
- Condiciones climatológicas (lluvia o viento)
- Fallos eléctricos
- Retraso del buque

Bajo ciertas circunstancias, el número total de demoras puede ser del orden del 30-40% del tiempo operativo teórico. A menudo se supone que la capacidad incrementa cuando los movimientos son automatizados o semiautomatizados, pero el nivel de mejora en la capacidad varía según el tipo de puerto y también será diferente en cada jornada de trabajo. Por supuesto también se mejorará si la grúa es manejada por un operador habilidoso y con experiencia. Sin embargo las personas se cansan, a diferencia de los automatismos, y es por lo tanto en este punto donde se encuentra una gran ventaja.

Tiempo en el puerto = tiempo de acceso al puerto + tiempo de preparación de la terminal + tiempo de operación de la terminal

Tiempo de operación de la terminal = movimiento de los contenedores / productividad neta de atraque

*Productividad neta de atraque = productividad neta del personal * media del número de grúas*

3.2. Definición de tiempos, actividades y cantidades

Actualmente la maniobra de carga y descarga son llevadas a cabo por una o más grúas situadas en el muelle o por grúas incorporadas en el propio buque, dependiendo siempre del tamaño del buque. Los servicios que un buque recibe en puerto empiezan cuando éste llega a la boya de entrada y termina cuando al salir de la instalación portuaria deja atrás la misma boya, después de haber finalizado la operación de carga y descarga pertinente. Generalmente, los tiempos y las actividades se dividen entre las que están relacionadas con el barco o los grupos de personal y las que tienen que ver con las grúas que trabajan con estos. De este modo podemos simplificar los tiempos en seis categorías, tres pertenecientes a los buques y tres a las grúas.

3.2.1. Tiempos relacionados con los buques:

- Tiempo en el puerto: es el tiempo total en el que el barco está en puerto, es decir, es el tiempo desde que entra pasando por la boya hasta que sale dejando atrás la misma boya, incluyendo la espera para el atraque, documentos, práctico, remolcador, demoras debidas al mal tiempo, etc.
- Tiempo bruto de atraque: es el tiempo total en que un barco está atracado en el muelle, incluyendo las preparaciones necesarias que se deban llevar a cabo, las esperas para la documentación, la falta de personal o cambios de turno, disponibilidad de la carga y las principales demoras durante la operación debidas a averías de los equipamientos, mal tiempo, etc.

- Tiempo neto de atraque: es el tiempo de trabajo en que un buque está atracado o dicho de otra forma, el tiempo desde el primer destrincado hasta el último trincado, durante el cual los grupos de personal cargan y descargan los contenedores y realizan las actividades de trincado/destrincado, apertura y cerrado de tapas, etc. El tiempo neto de atraque incluye demoras secundarias durante las operaciones debidas a indisponibilidad de la carga, averías, etc.



Figura 16. Descarga de un buque Super post-Panamax con capacidad para 15000 contenedores.

3.2.2. Tiempos relacionados con el personal:

- Tiempo bruto del personal: es el tiempo de asignación y pago de un grupo de personal para trabajar en un buque, incluyendo los tiempos de espera antes, después y durante la jornada de trabajo.
- Tiempo neto de personal: es el tiempo en que un grupo de personal está realmente desarrollando sus trabajos, incluyendo la carga y descarga de contenedores y otras mercancías, actividades indirectas e interrupciones de poca duración durante el tiempo de operación.
- Tiempo neto/neto del personal: es el mismo que el anterior, pero sólo incluyendo el tiempo de espera a la hora de llevar a cabo la elevación de los contenedores.

3.3. Productividad del buque y del personal

La productividad del buque incluye tres medidas:

- Accesibilidad del puerto: es la diferencia entre el 'tiempo en el puerto' y el 'tiempo bruto de atraque'. Esta medida refleja:
 - o La situación geográfica de un puerto, principalmente la distancia y las condiciones de acceso.
 - o La disponibilidad de remolcadores y prácticos.
 - o La disponibilidad de agencias gubernamentales que se hagan responsables de las tripulaciones y las cargas.
 - o La disponibilidad de amarraderos.
- Productividad bruta de atraque: son los 'movimientos' (contenedores) transferidos entre el buque y el muelle por el tiempo bruto de atraque. Esta medida refleja la estructura de los turnos de trabajo y la situación de trabajo.
- Productividad neta de atraque: es lo mismo que el anterior, pero usando el 'tiempo neto de atraque'. Esta medida refleja el número de personal (grúas) asignadas a cada buque y la productividad neta de los grupos trabajados.

La productividad del personal (grúas) también incluye tres medidas:

- Productividad bruta del personal (grúas): son los 'movimientos' divididos por el tiempo bruto del personal. Esta medida refleja el contrato laboral, especialmente recuerda los tiempos de parada por falta de personal al inicio, durante y al final de los turnos.
- Productividad neta del personal (grúas): es lo mismo que el anterior, pero dividido entre el tiempo neto del personal. Esta medida refleja de una forma necesaria, aunque no productiva, que no están produciendo 'movimientos', tales como la apertura y cierres de tapas, remociones, etc.
- Productividad neta/neta del personal: Esta medida también llamada pick rate, refleja la capacidad técnica en cuanto a las facilidades y equipamiento, junto con la habilidad de llevarlas a cabo en el desarrollo de la actividad laboral, y dando una idea de la competitividad de la terminal en cuanto a la dirección de planificación y control de estas.

4. Generalidades

La grúa portacontenedores, también llama STS (Ship to shore), portainer o grúa puente, es un aparato de elevadas dimensiones, situado en zonas portuarias y cuyas misiones principales son cargar y descargar containers de los buques, está montada sobre carriles, accionada por lo general eléctricamente mediante una toma de corriente exterior, y dotada de un carro móvil capaz de manejar contenedores, para servicio de puerto entre muelle y barco.

Las partes principales de una grúa portacontenedores son las siguientes:



Figura17. Partes de una grúa portacontenedores

| | |
|--------------------------------|---|
| 1 - Viga principal. | 7 - Postes. |
| 2 - Lado agua viga principal | 8 - Vigas testeras |
| 3 - Lado tierra viga principal | 9 - Cabina de mando. |
| 4 - Traviesa | 10 - Carro |
| 5 - Tirantes. | 11 - Mecanismo de traslación de la grúa |
| 6 - Diagonales. | 12 - Paquete de rodadura |

La parte de la grúa correspondiente al lado mar está equipada con una pluma del tipo voladizo que puede levantarse para dejar espacio libre durante el atraque del barco.

La grúa es manipulada por un operario que está sentado en una cabina suspendida del carro. El carro se desplaza por unos raíles a lo largo de la viga principal. El operador desplaza el carro sobre el buque para estibar la carga que generalmente son contenedores. La carga es enganchada a través de un spreader y depositadas en el lado tierra en trailers u otros tipos de grúas que manipularan y distribuirán la carga en el muelle.

5. Características técnicas

La grúa portacontenedores es el elemento clave en las operaciones de barco-tierra. Su velocidad, precisión y controlabilidad aseguran un óptimo rendimiento en el manejo del contenedor, poseen un absoluto control en la manipulación de la mercancía, gran velocidad para la carga y descarga de contenedores y sencillez a la hora de controlar el manejo de los contenedores.

El tipo y tamaño de la grúa portacontenedores están definidos en función de las características del barco mayor que se espera que atraque bajo las grúas y, por otro lado, de las características del muelle donde se encuentra la vía de rodadura con relación a las mareas máximas y mínimas equinocciales.

La grúa porta-contenedores estará preparada para realizar las siguientes operaciones principales:

- Trasbordo de contenedores desde la cubierta o bodega del barco al muelle y viceversa.
- Desplazarse a lo largo de su camino de rodadura con la pluma elevada o bajada.
- Desplazar el carro con o sin carga.
- Elevar o descender la pluma estando detenidos los demás movimientos.

Por lo general la grúa portacontenedores tiene un sistema de control eléctrico con alimentación externa, aunque podemos encontrar grúas que funcionan con motores diesel, en el caso del suministro eléctrico es AC que puede ser de 4000 hasta 12000 volts dependiendo de la grúa.

El cable de la grúa viene enrollado y mide 350m, permitiendo el desplazamiento del pórtico de 350m a cada lado.

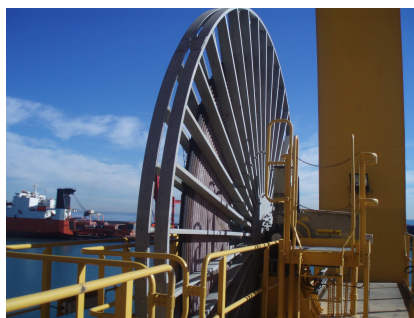


Figura18. Cable de alimentación de una grúa portainer.

Para los diferentes sistemas de la grúa se utilizan motores, que pueden ser de AC o CC, los motores AC son los más utilizados sobretodo en las traslaciones del pórtico, y los motores CC se emplearan cuando se requiera un margen amplio de regulación de velocidad o cuando la potencia supere los 200kW, se emplean en elevaciones y giros, con potencias elevadas e índices de utilización altos.

Todas las funciones secuenciales de control y de movimientos son realizadas por un PLC o autómatas programables ubicados en la caseta de maquinaria.



Figura 19. Autómatas programables en la caseta de maquinaria.

Existe control de los siguientes parámetros entre otros: protección contra los cortocircuitos; previsión contra la condensación de humedad en paneles de control eléctrico; previsión contra exceso de temperatura; protección térmica de los motores principales; protección contra las anomalías en la red de alimentación, reguladores de los motores, etc.

Por lo general, todas las operaciones se controlan desde la cabina de control, la cual está unida al carro, y se mueve solidariamente con él mismo y con la carga, proporcionando al operador una buena visión de la carga en todo momento. Este elemento está equipado de manera que garantice igualmente al operador un confort adecuado debido a su diseño ergonómico. El sillón del gruista debe ser ajustable y proporcionar acceso a todos los controles de mando de la grúa y del spreader sin necesidad de levantarse, por medio de dos pupitres de mando situados ambos lados del sillón, dependiendo del tipo de grúa. Todo ello garantiza el manejo y control total de la grúa Ship To Shore y que se consiga mediante un único operario.

En los paneles de luces podemos encontrar diferentes indicadores como el rearme, desconexión de la grúa, fallo rearme, puerta pluma abierta, longitud del mecanismo de telescopaje: 20', 30', 40', o 45', flippers, twislocks, twin, alarma de viento, entre otros.



Figura 20. Asiento y mandos de la cabina de operaciones.

Además existe un circuito cerrado de video que mediante un conjunto de cámaras garantizan la máxima visibilidad del operario con monitores en la propia cabina.



Figura 21. Pantalla del sistema de video.

La cabina de control, la caseta de maquinaria, así como a todas las partes que precisen del servicio de mantenimiento periódico, están dotadas con accesos seguros según las normas de seguridad vigentes. Los accesos a los distintos puntos de la estructura se

consiguen mediante ascensor, escaleras, escalas (escalera tipo gato) y pasarelas amplias y protegidas.

Dimensiones y características principales:

- Carga útil es generalmente de 40 T.
- El lado agua de la viga principal oscila entre 35 y 40 m.
- La distancia entre traviesas es de 15m a 20 m.
- El lado de tierra de la viga principal suele tener de 20 a 25 m.
- La altura de la grúa oscila entre 30 y 60 m.
- La velocidad del carro es del orden de 150 m/min.
- La velocidad de la estructura es del orden de 40 m/min.

Existen varias modalidades de grúas STS en función del tamaño de los buques a los que se le haga el servicio. Las modalidades son las siguientes ordenadas de menor a mayor tamaño: Feeder, Panamax que es el mayor barco que puede pasar por el canal de Panamá, posteriormente Post-Panamax, para aquellos que ya no pueden atravesarlo, existiendo incluso unos mayores, Superpost-Panamax.

En cuanto a la grúa, el tamaño de estos barcos se traducirá en un numero de containers en manga que podrá transportar, o sea, cuan lejos del muelle debemos dejar un contenedor, y en el hueco que debemos dejar bajo la grúa para coger los contenedores y pasarlos por encima de la fila mas alta del barco. Estos valores son básicos para saber el tamaño de la Portainer y son conocidos como “alcance” y “altura bajo spreader”.

Otros valores no menos importantes, pero no marcados por el barco, sino por el puerto y cliente son el “back-reach”, que define cuanto por detrás de la grúa debemos dejar el container (o sea, por donde pasaran los camiones), y el “span” que es la distancia entre los raíles por el que circulan las grúas. Este ultimo dato es muy importante pues cuanto mayor se mejor estabilidad tendrá la grúa, y la transferencia de pesos entre las patas ante los esfuerzos será menor.

6. Tipos de grúas

6.1. Feeder

La grúa Feeder tiene capacidad en manga para cargar y descargar 10 contenedores.

| | | | |
|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Dimensiones principales | | Spreader: | 20-40-45 Ft |
| Alcance trasero | hasta 10.00 m | Velocidades | |
| Entre ejes | hasta 32.00 m | Elevación con carga | 45-60 m/min |
| Altura bajo spreader | hasta 25.00 m | Elevación sin carga | 90-120 m/min |
| Alcance delantero | hasta 29.00 m | Carro | 100-120 m/min |
| Carga nominal | 32T-40T | Pórtico | 40-45m/min |

Figura 22. Tabla de características principales de grúa Feeder.

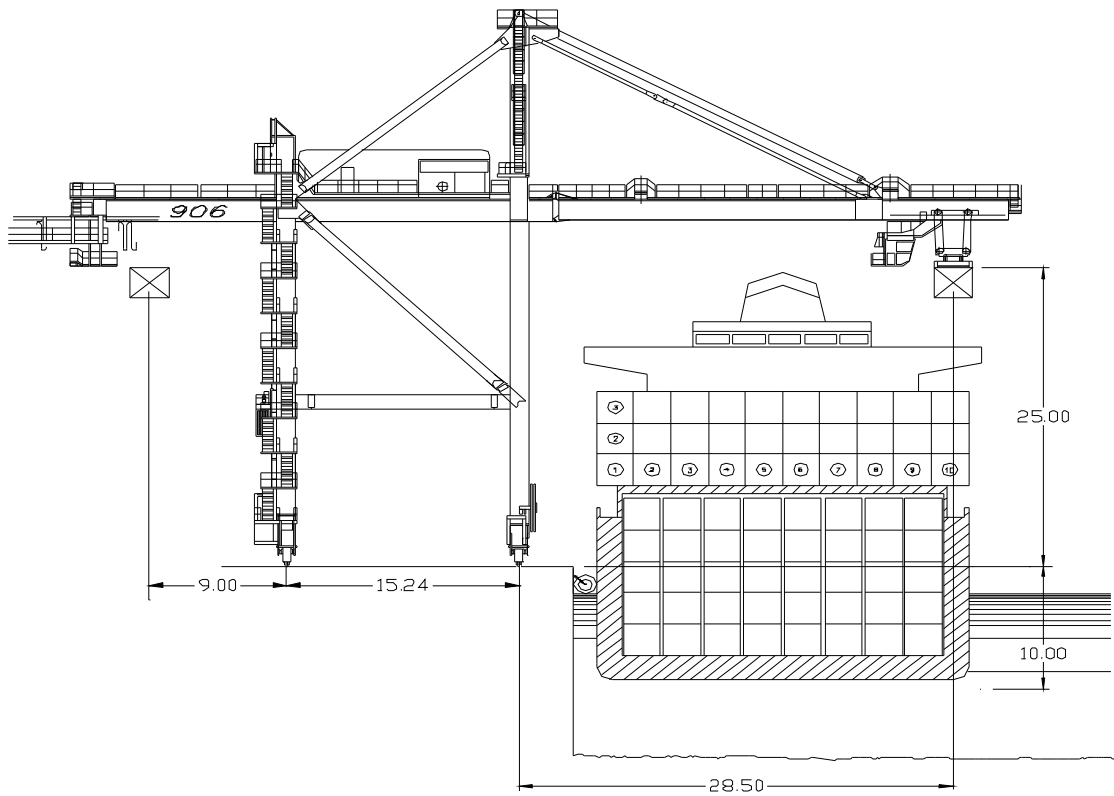


Figura 23. Grúa Feeder.

6.2. Panamax

La grúa Panamax puede cargar y descargar containers de un buque portacontenedores capaz de pasar por el canal de Panamá, estos buques tienen una capacidad en manga para 13 contenedores.

| Dimensiones principales | | Spreader: | 20-40-45 Ft |
|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Alcance trasero | hasta 15.00 m | Velocidades | |
| Entre ejes | hasta 32.00 m | Elevación con carga | 75-85 m/min |
| Altura bajo spreader | hasta 31.00 m | Elevación sin carga | 150-170 m/min |
| Alcance delantero | hasta 43.00 m | Carro | 150-180 m/min |
| Carga nominal | 40T-50T | Pórtico | 45m/min |

Figura 24 . Tabla de características principales de grúa Panamax.

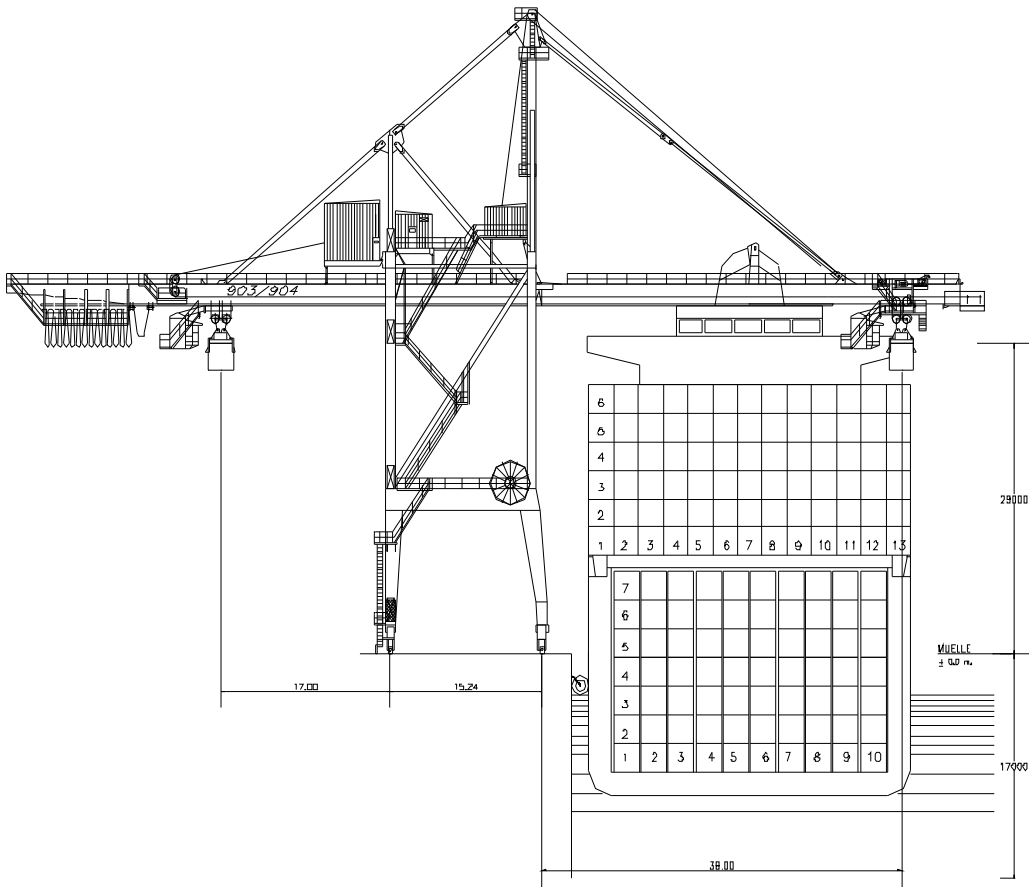


Figura 25. Grúa Panamax

6.3. Post-panamax

La grúa Post-Panamax tiene una capacidad en manga para 16/20 contenedores y pesa aproximadamente 800-900 toneladas.

| Dimensiones principales | | Spreader: | 20-40-45 Ft |
|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Alcance trasero | hasta 25.00 m | Velocidades | |
| Entre ejes | hasta 32.00 m | Elevación con carga | 75-85 m/min |
| Altura bajo spreader | hasta 33.00 m | Elevación sin carga | 150-170 m/min |
| Alcance delantero | hasta 47.00 m | Carro | 150-210 m/min |
| Carga nominal | 40T-50T-65T | Pórtico | 45m/min |

Figura 26. Tabla de características principales de grúa Post-Panamax.

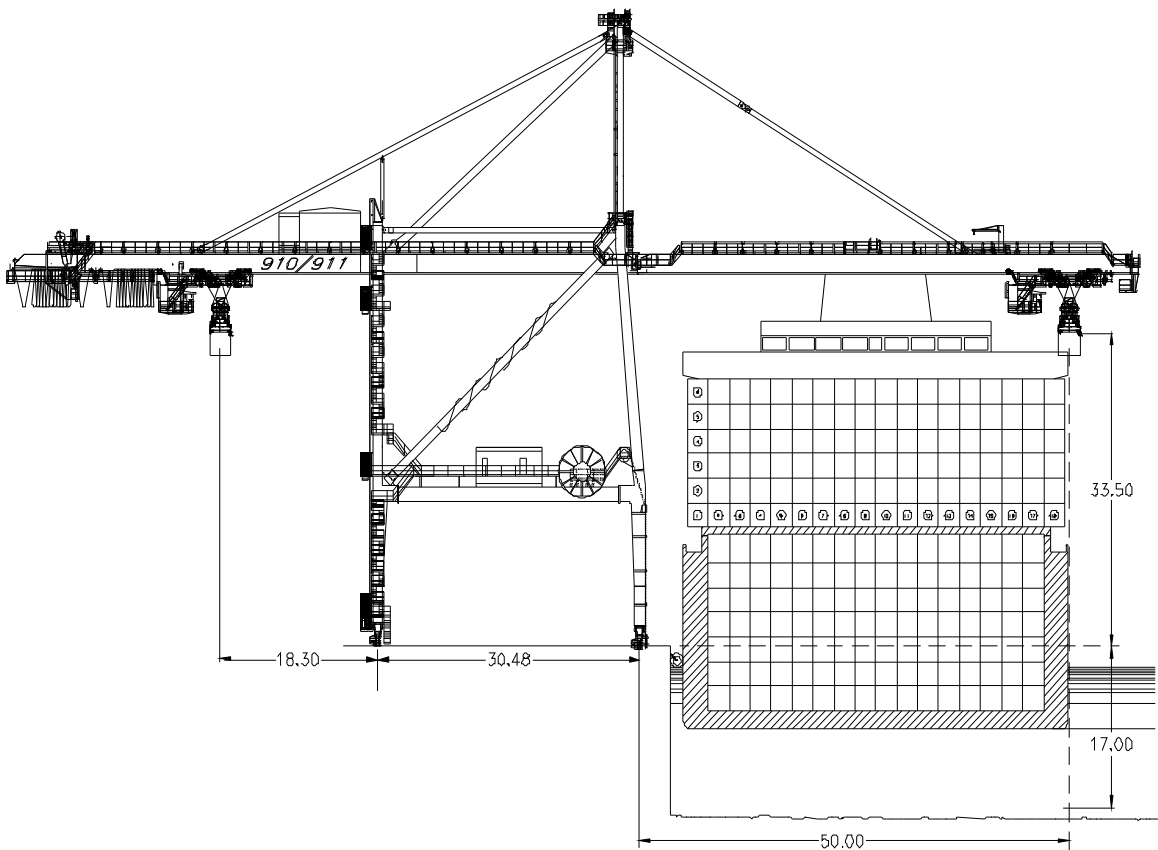


Figura 27. Grua Panamax

6.4. Super post-panamax

La grúa Super Post-Panamax tiene una capacidad en manga para 22/24 contenedores y pesa alrededor de 1800 toneladas.

| | | | |
|--------------------------------|---------------|---------------------|---------------|
| Dimensiones principales | | Spreader: | 20-40-45 Ft |
| Alcance trasero | hasta 25.00 m | Velocidades | |
| Entre ejes | hasta 32.00 m | Elevación con carga | 80-100 m/min |
| Altura bajo spreader | hasta 40.00 m | Elevación sin carga | 160-200 m/min |
| Alcance delantero | hasta 61.00 m | Carro | 180-240 m/min |
| Carga nominal | 50T-65T | Pórtico | 45m/min |

Figura 28. Tabla de características principales de grúa Super Post-Panamax

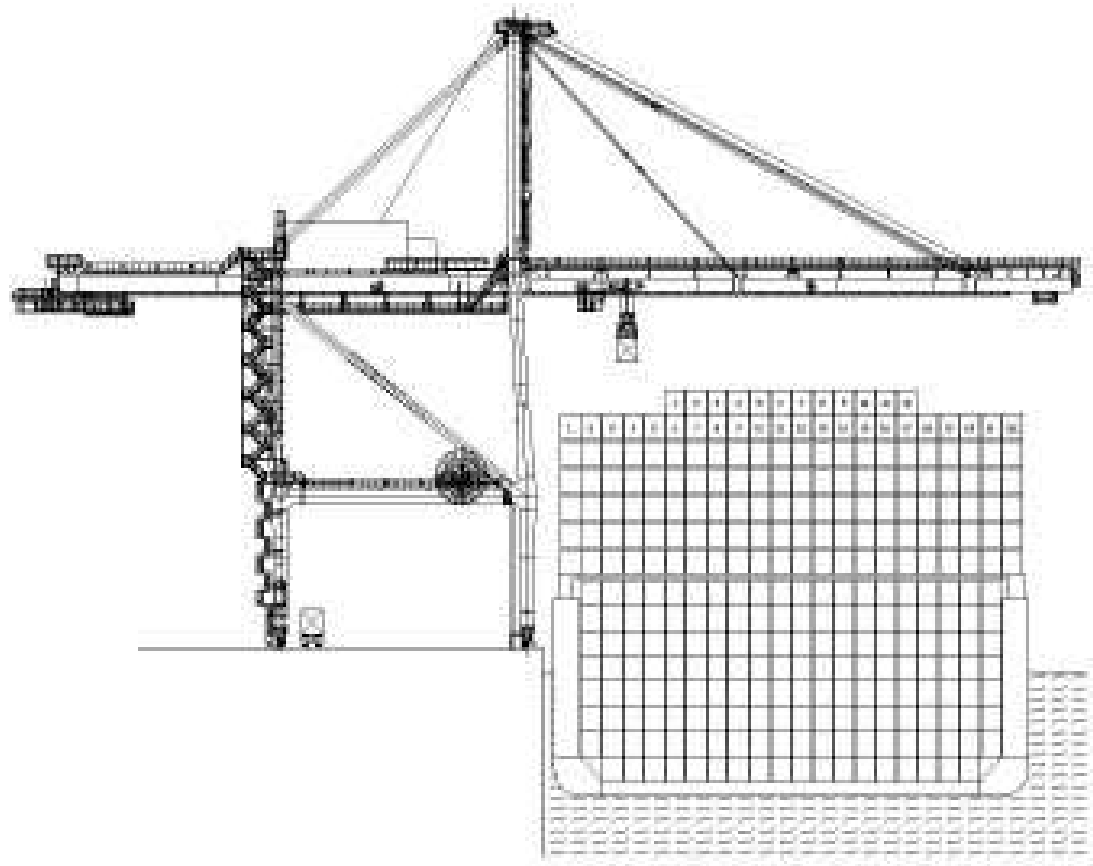


Figura 29. Grúa Super post-Panamax

7. Descripción de las diferentes partes de la grúa y sus sistemas

7.1. La estructura de la grúa

7.1.1. La viga principal

Está conformada por una viga metálica de elevadas dimensiones, 4 metros de anchura aproximadamente, y rigidizada interiormente por medio de hormigón armado.

La estructura principal de estas grúas está básicamente formada por vigas tipo cajón en chapa de acero con un espesor mínimo de 8 mm.

Es el "campamento base" para tareas de mantenimiento y reparación de la parte superior de la grúa, y sobre ella se ubican una o más cabinas donde se disponen los transformadores y el equipo eléctrico pesado que es preciso trasladar con la grúa.

Desde el punto de vista resistente es una viga biapoyada en ambas traviesas y con dos voladizos a ambos lados de estas traviesas. El voladizo de mayor luz lo constituye el lado agua, que está articulado con objeto de poder ser elevado a una posición casi vertical para facilitar el atraque del barco en el muelle.

Se utiliza para la pluma un sistema con doble viga cajón que nos aporta un comportamiento óptimo en las operaciones twin-lift además de facilitar el acceso al carro, actualmente las plumas de las grúas son abiertas, pero podemos encontrar plumas completamente cerradas o de celosía.

Así pues, se precisa una estructura superior que soporte el lado agua de la viga principal y disminuya las flechas en punta.

7.1.2. La estructura superior

Suele estar conformada por varios tirantes, el conjunto de tirantes estabiliza la parte superior de la grúa ante cualquier posición del carro, además transmiten los esfuerzos transversales a los postes de lado agua.

Diferentes disposiciones de los tirantes modifican ligeramente el estado tensional de las vigas.

7.1.3. La estructura inferior

Los postes, fundamentalmente, por flexión y compresión "bajan los esfuerzos complementados por las diagonales, cuya misión es distribuir las cargas sobre los cuatro postes de forma equitativa a la vez que generar estabilidad a la elevada torre conformada por los cuatro postes.

Las vigas testeras, impiden que la estructura se abra en la parte inferior, confiriendo la estabilidad adecuada a los paquetes de rodadura. La viga testera lado tierra, asiste un contrapeso conformado por hormigón, dispuesto interiormente en la viga. Esta carga adicional eleva las tensiones de trabajo de la viga testera, si bien, no es problemática debido a la baja altura de las vigas testeras.

La estructura se ejecuta en vigas cajón electrosoldadas, y unidas entre si por medio de bridas rígidamente ancladas por numerosos tornillos.

Existe una tendencia actual a construir el lado agua de la viga principal en estructura de celosía. La complicación en el proceso de fabricación es compensada por su reducido peso propio. El hecho de que esta viga esté dispuesta en voladizo, acentúa la importancia del peso propio, disminuyendo de forma apreciable los esfuerzos de compresión en la viga principal.



Figura 30. Estructura de una grúa portacontenedores del puerto de Algeciras.

En cuanto al cálculo de la estructura de una grúa portacontenedores se deben tener en cuenta las siguientes solicitaciones:

- Carro al final de lado agua
- Carro entre traviesas
- Carro al final de lado tierra
- Aceleración de carro
- Aceleración de grúa
- Viento en dirección longitudinal
- Viento en dirección transversal
- Peso propio grúa

7.2. Caseta de maquinaria

Está situada en la viga principal y está compuesta por la plataforma de elevación principal, la plataforma de traslación del carro, la plataforma de elevación de la pluma, la plataforma del grupo motor-generator, el armario de aparellaje, con todo el sistema eléctrico de la grúa y el sistema de aireación de la caseta de maquinaria para eliminar el aire caliente de la misma.

La sala de maquinas es un espacio cerrado en forma de contenedor situado sobre la viga principal. Este espacio suele estar dividido en tres zonas:



Figura 31. Caseta de maquinaria de una grúa portacontenedores de la terminal de TERCAT.

En algunos casos la habitación más grande, llamada habitualmente sala mecánica, encierra los tambores enrolladores de cable del sistema de traslación del carro y del carro auxiliar, el cable usado en el levantamiento de la pluma y por último en cable utilizado en el sistema de elevación y de descenso de la carga.



Figura 32. Sala mecánica.

En consecuencia, también se encuentran los motores eléctricos que hacen funcionar tales tambores, junto con sus reductores, frenos y motores auxiliares. Cabe destacar, por otro lado las aberturas que tiene la sala de máquinas a la altura de esta habitación para hacer posible la salida de los cables pertinentes hacia las poleas y dispositivos varios de cada uno de sus sistemas.

También se pueden encontrar casetas de maquinaria en las que el sistema de traslación del carro se encuentra fuera de la misma, encima del propio carro.

Existen dos cámaras mas pequeñas adyacentes a la anterior, una de las cuales es una habitación despacho donde encontramos todos los dispositivos de control de la grúa excepto el de izado de la pluma, que muchas veces se encuentra en otra cabina cerca de la zona articulada de la pluma.



Figura 33. Despacho de control de la caseta de maquinaria.

La otra habitación, llamada la sala blanca, es donde encontramos todo el sistema eléctrico y electrónico en los armarios de aparellaje, como variadores, tarjetas de control, contactores de potencia y maniobra, relés de protección térmicos, relojes de medida analógicos, etc.



Figura 34 Izquierda. Sala blanca de la caseta maquinaria.



Figura 35. Derecha. Sistema eléctrico.

Por último, encontramos la zona de suministro eléctrico, el transformador principal, un desconector de alto voltaje y un panel de corrección de la potencia, esta zona a veces está ubicada dentro de la sala mecánica por las grandes dimensiones del transformador, aunque también se puede encontrar en la sala del sistema eléctrico, dependiendo del tipo de grúa.



Figura. 36 Equipo de transformación de alta tensión.

La construcción de este espacio estará hecha de un recubrimiento de acero de lana mineral que actuará de aislante eléctrico.

7.3. Cabina

La cabina deberá reunir los siguientes requisitos:

- Será estanca al paso del agua de lluvia.
- Tendrá un sistema de aireación forzada que no incida directamente sobre el operario.
- Para la época invernal deberá preverse la calefacción del aire.



Figura 37. Foto de cabina grúa porta-contenedores.

- El acceso será cerrado con puerta provista de cerradura y llave.
- Deberá contar con un cómodo asiento con respaldo para el operario.
- Deberá estar cerrada en todos sus lados con vidrios de protección tipo inastillable.
- La posición de la cabina estará lo más alto posible a efectos de visualizar ampliamente la zona de maniobras.
- Todos los controles y accionamientos estarán perfectamente identificados mediante plaquetas fotoquímicas en idioma castellano.
- Las ventanas frente al operario contarán con limpiaparabrisas de barrido paralelo.
- Hay grúas que llevan doble puerta con sensor de acceso a la zona de cabina, para evitar que se pueda abrir cuando el carro está en movimiento.

7.4. Carro

El carro de la grúa porta-contenedores se caracteriza principalmente por disponer de dos movimientos: traslación a lo largo de la viga principal y elevación de la carga.

7.4.1. Tipos de carros

7.4.1.1. Carro simple

Con objeto de disminuir el ya elevado peso propio del carro se realizan versiones altamente aligeradas ya que están compuestos únicamente de unas estructuras con cuatro rodillos de giro y cuatro poleas de envío de cable al spreader.

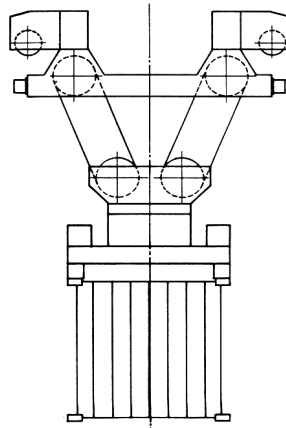


Figura 38. Carro aligerado.

El tambor de elevación y el mecanismo de traslación no se sitúan sobre el carro, sino que se ubican en una instalación dispuesta en la viga principal.

Esta instalación suele estar en el centro de ambas traviesas, o bien sobre la traviesa del lado de tierra.

El mecanismo de transmisión entre la instalación y el carro es por cable a través de un sistema de poleas que mantiene la posición vertical del spreader durante los movimientos de traslación del carro.

Con este sistema se requiere adaptar manualmente el spreader a una carga aleatoriamente orientada ya que no es posible el giro del carro. Presenta la ventaja de reducir de forma apreciable las resistencias de rodadura y la potencia de traslación del carro debido a la disminución del peso propio de este.

Para la manutención de contenedores por medio del spreader son necesarios ocho ramales los cuales son accionados por medio de un tambor de cuatro ramales cuyos extremos son fijados al propio tambor.

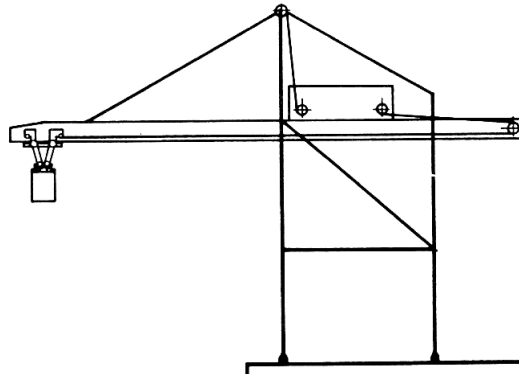


Figura 39. Trayectoria de los cables de elevación

7.4.1.2. Carro giratorio

Consta de dos subestructuras:

- Una subestructura superior compuesta por los elementos de rodadura sobre la viga principal, el mecanismo de traslación, 4 postes y una placa horizontal que aloja un gran rodamiento de bolas.
- Una subestructura inferior unida a la superior mediante un rodamiento ROTH-ERDE. Esta subestructura conforma un habitáculo cerrado donde se disponen los mecanismos de giro del carro y de elevación de la carga. Tiene por objeto, adaptar el spreader a una disposición aleatoria del contenedor de carga.

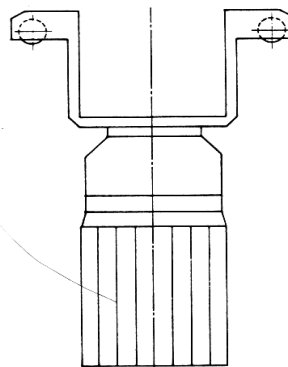


Figura 40. Mecanismo de elevación de una grúa portacontenedores

El accionamiento de los diferentes movimientos se realiza mediante motores eléctricos de corriente continua. En una construcción elevada se ubica un equipo de transformación que a partir de la instalación de corriente alterna del puerto, alimente el equipo eléctrico de la grúa.

4.5. El carro auxiliar

El carro auxiliar está formado por una plataforma rectangular de acero y está colocado varios metros detrás del carro principal, o en algunos casos delante, dependiendo del tipo de grúa, y entre dos grupos de numerosos dispositivos transportadores de cable eléctrico, uno a cada lado del carro.

La función del carro auxiliar es facilitar el transporte del cable eléctrico desde el extremo del costado de tierra de la viga principal hasta la cabina del operario, evitando de esta manera posibles roturas a la hora de estirar el cable desde la zona trasera de la cabina y cualquier encallamiento de los dispositivos que lo transporta.

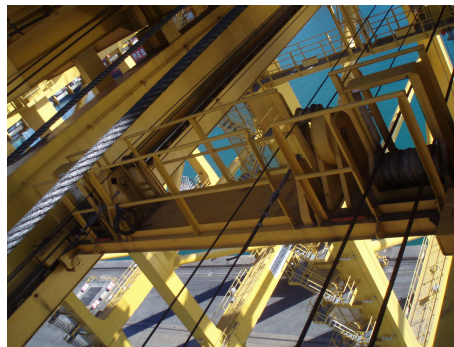


Figura 41. Carro auxiliar.

Para llevar a cabo la traslación del carro auxiliar se ayudará de cables movidos por el tambor de arrollado pertinente en la cámara de máquinas y será accionado desde la cabina del operario.

7.6. Sistemas de la grúa portacontenedores

Existen cuatro movimientos principales de la grúa, los cuales los hemos dividido por diferentes sistemas:

- Sistema de traslación del pórtico: es el movimiento de traslación de la grúa, se realiza a través de carriles metálicos situados en el suelo.
- Sistema de traslación del carro: es el movimiento de traslación del carro a través de carriles, metálicos implementados sobre la viga principal.
- Sistema de elevación del carro: es el movimiento de elevación de la carga, mediante el mecanismo de elevación del carro.
- Sistema de izado de la pluma: es el movimiento de elevación de la parte del lado de agua de la viga principal por medio de motores auxiliares situados en la propia viga principal. Este movimiento es necesario para que el aparato deje libre el espacio sobre el mar para el tráfico normal de buques.

7.6.1. Mecanismo de elevación

Para poder realizar la operación de elevación, las siguientes condiciones deben de ser cumplidas:

- La grúa rearmada
- La planta hidráulica en marcha
- Los ventiladores de los motores de elevación en marcha
- El PLC en marcha



Figura 42. Carro de una grúa porta-contenedores.

7.6.1.1. Elementos mecánicos

El equipo mecánico de elevación esta situado en la sala de máquinas.

Acoplamiento electro-magnético

Cuando no hay corriente el acoplamiento electro-magnético está acoplado por la fuerza de los muelles. El acoplamiento se abre, cuando se opera la nivelación. Al girar el selector de nivelación fuera de la posición cero, la excitación eléctrica del acoplamiento activa los imanes y la fuerza magnética, siendo mayor a la de los muelles, obliga la abertura del acoplamiento

Tambores de cable

Los tambores de cable sirven para almacenar los cuatro cables de elevación. Unas puntas de todos los cables están fijadas en el tambor, las otras puntas están fijadas en la punta de la pluma. Los cuatro cables son soltados o recogidos en el mismo tambor y por lo tanto su movimiento es totalmente sincronizado.



Figura 43. Tambores de cable de una grúa porta-contenedores.

Cables de elevación

Los cables de elevación suelen ser de acero trenzado de 28 mm de diámetro.

Frenos de elevación

Los dos frenos de elevación funcionan a falta de corriente, son de disco de dos zapatas y su funcionamiento es paralelo.

Un muelle mantiene los frenos siempre cerrados, cuando la elevación no está operada o la grúa está parada.

La abertura del freno se efectúa con un actuador electro-hidráulico. Cuando el operador opera la palanca de elevación, los frenos son abiertos por el actuador electro-hidráulico después de activar el campo magnético de los motores de elevación pero antes de arrancarse los motores. Esto impide que cese la carga suspendida durante el intervalo de abrir el freno y arrancar el motor.

Cuando la palanca se devuelve a la posición cero, el freno se mantiene abierto hasta que el movimiento se haya parado completamente.

Siendo de tipo de funcionamiento a falta de corriente, los frenos están siempre cerrados en el caso de corte de corriente.

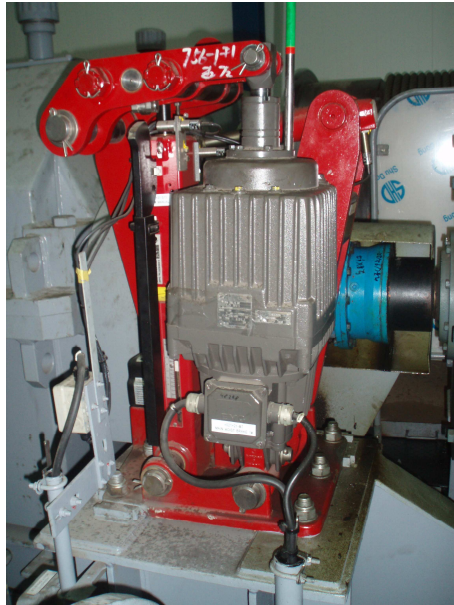


Figura 44. Freno del mecanismo de elevación.



Figura 45. Freno de seguridad del mecanismo de elevación.

7.6.1.2. Elementos eléctricos

Motores de elevación

Los motores de elevación suelen ser de entre 250-440 V cc, unos 250 Kw y 777/1905 rpm aproximadamente, y por lo general suele haber dos motores y uno auxiliar, dependiendo del tipo de grúa. Suele haber un motor eléctrico acoplado en cada tambor de cable. Estos motores eléctricos están a su vez acoplados mecánicamente entre ellos a través del acoplamiento electro-magnético.



Figura 46. Motor eléctrico del sistema de elevación.

PLC

El programa del PLC efectúa el control de la operación de elevación recibiendo información del operador (mandos) y de los diferentes contactos de la grúa (por ejemplo: finales de carrera, tacómetros, térmicos, cálculos del mismo PLC, etc.)

Cuando el operador mueve la palanca de la operación de elevación de su posición cero, el programa chequea primero si la operación es permitida y no existen condiciones que impidan la operación. Durante la operación el programa vigila continuamente, que no surjan condiciones prohibitorias.

Cuando el operador opera la palanca de elevación, los frenos son abiertos por el actuador electro-hidráulico después de activar el campo magnético de los motores de elevación pero antes de arrancarse los motores.

Un controlador digital efectúa el control del accionamiento de los motores de elevación y recibe los comandos de control digitalmente desde el PLC.

La aceleración y la deceleración del movimiento son controladas por el controlador digital. Los parámetros están fijados en una memoria digital.

Al devolver la palanca a su posición cero, el controlador digital reduce automáticamente la velocidad a cero. Los frenos se cierran cuando la velocidad está en cero.

Tarjetas de control

Cuando el control de accionamiento es efectuado por reguladores de tipo analógico, la excitación de los motores se mantiene constante durante el control de la velocidad de los motores de elevación del carro.

Los tiempos de aceleración y deceleración, y la velocidad máxima permitida se ajustan con potenciómetros independientes, en los motores CC. También llevan introducidos los circuitos de control de algunas protecciones.

Los reguladores están bloqueados, cuando la operación está parada. Al accionar la operación, los reguladores se desbloquean, si no existe una condición negativa en algún permisivo.

En los motores CA la regulación se lleva a cabo a través de variadores de frecuencia.

En uno de los motores se conecta una dínamo tacométrica.

La señal de velocidad de esta dínamo tacométrica y el valor referencia en el regulador de velocidad de la traslación del carro son comparadas entre ellas. El error entre estas señales causa un ajuste de la velocidad en el regulador de accionamiento de los motores. Por lo tanto los motores varían su velocidad linealmente según lo demandado por el operario.

Células de carga

En dos de los cables de elevación están conectadas las dos células de carga.

En el caso del controlador digital, las señales de estas células son enviadas al PLC, que calcula su valor medio, y lo usa para controlar el peso de la carga suspendida.

El peso de la carga se usa para parar la operación de elevación en el caso de sobrecarga y para determinar los límites del recorrido del carro según el peso de la carga. También es usado para parar la elevación hacia abajo en el caso de cable flojo.

En el caso del regulador analógico las células de carga miden continuamente la tensión de los cables de elevación que es comparable al peso del spreader.

Las células de carga tienen contactos que cortan la elevación en el caso de superar el límite permitido. Cuando el peso es superior al 110% de la nominal, solo permite bajar la carga e impide la elevación. Tampoco se puede abrir el spreader si las células detectan carga.

7.6.1.3. Sistema hidráulico principal

El sistema hidráulico principal colocado en la contrapluma opera:

- Antibalanceo
- Nivelación del spreader (trimado, escora, giro)
- Protección carga enganchada
- Tensado del carro auxiliar

Equipo hidráulico

El central hidráulico consta de:

- Dos bombas principales con sus respectivos motores
- Una bomba auxiliar para el filtrado, emergencia por la carga enganchada y operación del tambor del tensado del cable del carro auxiliar y circulación del aceite a través del radiador
- Un tanque con límites de nivel de aceite, termostato y calentador
- Válvulas solenoide y de presión
- Cabina de sistema electrónico de control

Otros equipos

- Cuatro cilindros con posicionadores.
- Cuatro finales de carrera para detectar la situación de carga enganchada.
- Tambor y motor hidráulico para el tensado del cable del carro auxiliar.

Los cuatro cilindros del sistema están fijados en la estructura de la grúa por un brazo articulado. Las poleas de los cables están instaladas en la parte inferior móvil de estos brazos y los cables de elevación corren por las poleas. Las partes superiores de los pistones están fijadas en la estructura de la grúa.

Sistema antibalanceo

Las cuatro poleas de los cables de elevación en la punta extrema de la contrapluma están fijadas en los cilindros hidráulicos individuales. Cada cilindro tiene un posicionador interno para indicar su posición. En la posición inicial los cilindros están extendidos aproximadamente la mitad de su recorrido de tal forma que cuando sean extraídos o retraídos, los cables están alargados o acortados por la cantidad apropiada.

El balanceo está amortiguado por el sistema de tensado de los cables de elevación. La diferencia de presión entre los cilindros interconectados permite el flujo de aceite de un cilindro al otro. Este flujo absorbe la energía del balanceo del spreader y la convierte en calor elevando la temperatura del aceite. El antibalanceo está activo cuando el carro está en marcha.

Sistema de nivelación del spreader (trimado, escora, giro)

La nivelación del spreader está activa cuando el carro está parado.

El mando 'nivelación' devuelve todos los cilindros a su posición inicial, y el spreader se queda nivelado en la posición horizontal.

- Trimado: El ángulo máximo es de 5° del nivel horizontal. El ángulo es controlado por el posicionador de cilindros.
- Escora: El ángulo máximo es de 5° del nivel horizontal. El ángulo es controlado por el posicionador de cilindros.

- Giro: El ángulo máximo es de 5° en el sentido de las agujas o contra el sentido de las agujas. El ángulo es controlado por el posicionador de cilindros.

Carga enganchada

La protección de carga enganchada es necesaria para proteger el sistema de elevación y los cables de elevación.

La fuerza de la carga enganchada es limitada al valor predeterminado por las válvulas de retención. Cuando la presión dentro de un cilindro supera el valor predeterminado, la válvula de retención se abre y permite un flujo rápido de aceite salir del cilindro. Los cilindros se retraen rápidamente.

Existen cuatro finales de carrera instalados en la estructura, uno para cada cilindro. El final de carrera actúa cuando el cilindro se acerca a su posición interna extrema.

Si uno de los finales de carrera actúa o la carga enganchada es detectada por las células de carga, el programa del PLC da orden de parada de la grúa.

7.6.1.4. Elementos de seguridad

Los elementos de seguridad y los permisivos protegen la grúa contra situaciones de límite.

La operación de elevación no es posible, si alguna de las siguientes condiciones no se cumple:

- El rearme activado
- Listo para operar activo
- El PLC en marcha (si lo posee)
- Ventiladores de los motores de la elevación en marcha
- Todos los twist-locks cerrados o abiertos
- El movimiento de la pluma parado y la pluma en su posición superior o inferior
- No alarma de velocidad alta del viento

Tampoco se podrá operar la elevación si se encuentra desconectado alguno de los siguientes elementos:

- Relés térmicos
- Sondas térmicas de los motores
- Detector de fallo de excitación
- Termostatos de los radiadores
- Protección por la potencia consumida contra la potencia máxima permitida
- Detectores de sobrevelocidad
- Detectores de sobretensión en cable de elevación
- Protección de circuitos de frenos
- Protección de la línea de alimentación de los circuitos de las unidades de control de regulación
- Protección de los ventiladores de los motores
- Finales de carrera de seguridad

El disparo de cualquiera de estas protecciones causa la parada de emergencia. La corriente en los circuitos de frenos desaparece y se cierran los frenos, se bloquean los reguladores de accionamiento y la tensión de inducido de los motores de la elevación desaparece lo que provoca la parada de los motores.

Las siguientes protecciones y finales de carrera limitan o impiden el movimiento de la elevación:

- Los límites superior e inferior del recorrido (final de carrera rotativo) (el movimiento solo puede ser efectuado hacia el sentido contrario)
- El límite de seguridad superior del movimiento de la elevación (final de carrera electro-mecánico) (el movimiento solo puede ser efectuado hacia abajo)
- Al detectar el cable suelto por los palpadores del headblock o por las células de carga, se para automáticamente el movimiento hacia abajo y se queda impedido.
- Las células de carga detectan sobre carga e impiden la elevación de carga (solo permiten el movimiento hacia abajo)

- Los finales de carrera de carga enganchada en los cilindros de atrás
- Los límites de protección de las vigas horizontales (final de carrera rotativo y posición del carro según el PLC)
- Finales de carrera de los frenos
- Sondas térmicas de los motores de la elevación
- Falta de campo magnético de uno de los motores de la elevación
- Cualquier botón de paro de emergencia

7.6.2. El mecanismo de translación del carro

Para poder realizar la operación de traslación del carro se deben cumplir las siguientes condiciones:

- La grúa rearmada
- La planta hidráulica en marcha
- Los ventiladores de los motores de elevación en marcha
- El PLC en marcha

7.6.2.1. Elementos mecánicos

El carro

El carro se mueve libremente colgado de la viga principal a través de cuatro carretes de cuatro ruedas, uno en cada esquina.

El movimiento de la traslación se realiza con dos cables de acero y el mecanismo de tambor/motor/freno cuando está situado en la sala de maquinas, pero también existen grúas en las que los motores de traslación del carro estén ubicados en el mismo carro, evitando así la utilización de cables.

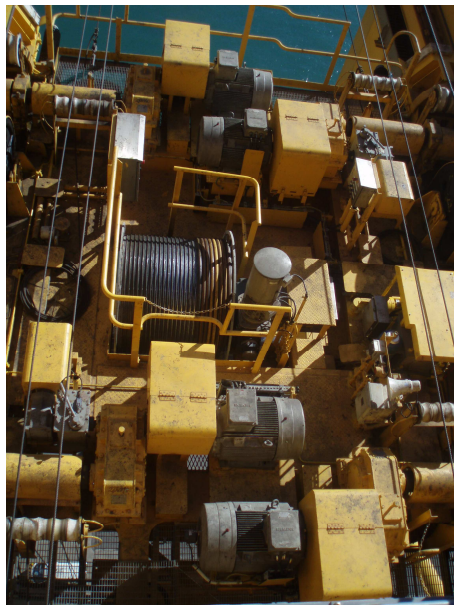


Figura 47. Motores de traslación del carro ubicados en el mismo carro.

Tambor de cable

El tambor de cable sirve para almacenar los cables de traslación del carro. Los cuatro cables giran alrededor del mismo tambor y por lo tanto su movimiento es totalmente sincronizado.



Figura 48. Tambor de cable.

Los cables de traslación del carro

En el caso de que los motores de traslación del carro están en la sala mecánica los cables de traslación del carro son de acero trenzado de 22 mm de diámetro.

Las dos puntas de los cables de traslación del carro están fijadas en el tambor de cable de traslación del carro. Un cable recorre la parte delantera y el otro la parte trasera de la viga principal.

El cable, que recorre por la parte delantera de la viga, pasa por el cilindro del tensado del cable.

Freno de traslación del carro

El freno de traslación del carro es de disco de dos zapatas y funciona a falta de corriente.

Un muelle mantiene el freno siempre cerrado, cuando la traslación del carro no está operada o la grúa está parada.

La abertura del freno se efectúa con un actuador electro-hidráulico. Cuando el operador opera la palanca de traslación del carro, el freno es abierto por el actuador electro-hidráulico antes de arrancar el motor.

Cuando la palanca se devuelve a la posición cero, el freno se mantiene abierto hasta que el movimiento se haya parado completamente.

Siendo de tipo de funcionamiento a falta de corriente, el freno está siempre cerrado en el caso de corte de corriente.

7.6.2.2. Elementos eléctricos

Motores de traslación del carro

Podemos encontrar diferentes variantes dependiendo del fabricante, como un motor eléctrico en cada lado del carro, o cuatro motores en dicho carro. Estos motores eléctricos no están acoplados mecánicamente entre ellos. Incluso hay grúas en que los motores de traslación se encuentran dentro de la sala mecánica, pero se estila más colocarlos en el carro ya que de esta forma ahorramos cable y su mantenimiento.

Los motores eléctricos suelen ser de 440 V aproximadamente, dependiendo del número de motores que disponga la grúa, de corriente continua, de excitación independiente. La velocidad de giro de los motores es regulada por la posición de la palanca de mando. La posición de la palanca regula la tensión del inducido de los dos motores. Los motores están conectados en la red a través de tiristores de montaje antiparalelo.

El frenado de los motores se efectúa mediante un regenerativo, la energía se devuelve a la red (el motor funciona como un generador) hasta 5% de la velocidad nominal. El resto es frenado por los frenos.

En el caso de que los motores sean de CA, serán regulados por variadores de frecuencia.



Figura 49. Motor y reductor del carro de traslación.

Contactores de inducido

Para poder funcionar, un motor de corriente continua necesita corriente de inducido.

Los contactores de inducido están normalmente abiertos, es decir el inducido esta cero y por lo tanto la velocidad del motor está también cero.

Al desviar la palanca de traslación de carro de la posición cero, se conecta el inducido y el motor empieza coger velocidad. Cuanto más lejos de la posición cero la palanca es llevada, tanto más fuerte es la tensión de inducido y consecuentemente la velocidad del mismo motor.

Cuando la palanca se devuelve a la posición cero, la tensión de inducido desaparece y la velocidad del motor disminuye a cero.

En el caso de paro de emergencia, la tensión de inducido se corta, por lo que el motor deja de trabajar.

PLC

El programa del PLC efectúa el control de la operación de la traslación del carro recibiendo información del operador (mandos) y de los diferentes contactos de la grúa (por ejemplo: finales de carrera, tacómetros, térmicos, cálculos del mismo PLC etc.).

Cuando el operador mueve la palanca de la operación de la traslación del carro de su posición cero, el programa chequea primero si la operación es permitida, o sea no existen condiciones que impidan la operación. Durante la operación el programa vigila continuamente que no surjan condiciones prohibitorias.

El controlador digital efectúa el control del accionamiento del motor de traslación del carro recibiendo mandos desde el PLC.

La aceleración y la deceleración del movimiento son controladas por el controlador digital.

Al devolver la palanca a su posición cero, el controlador digital reduce automáticamente la velocidad a cero. El freno se cierra, cuando la velocidad esta en cero.

Tarjetas de control

Cuando el control de accionamiento es efectuado por reguladores de tipo analógico, la excitación de los motores se mantiene constante durante el control de la velocidad de los motores de traslación del carro, esto permite una regulación de la velocidad a par constante.

Los tiempos de aceleración y deceleración, y la velocidad máxima permitida se ajustan con potenciómetros independientes, en los motores CC. También llevan introducidos los circuitos de control de algunas protecciones.

Los reguladores están bloqueados, cuando la operación está parada. Al accionar la operación, los reguladores se desbloquean, si no existe una condición negativa en algún permisivo.

En los motores CA la regulación se lleva a cabo a través de variadores de frecuencia.

En uno de los bloques de traslación del carro se conecta una dínamo tacométrica.

La señal de velocidad de esta dínamo tacométrica y el valor referencia en el regulador de velocidad de la traslación del carro son comparadas entre ellas. El error entre estas señales causa un ajuste de la velocidad en el regulador de accionamiento de los motores. Por lo tanto los motores varían su velocidad linealmente según lo demandado por el operario.

7.6.2.3. Elementos hidráulicos

Sistema de tensado de los cables del carro

El equipo de tensado está instalado en la plataforma del carro.

Los componentes principales son los siguientes:

- Motor eléctrico
- Bomba de desplazamiento variable
- Electroválvulas direccionales de 4 vías
- Válvula de control de piloto
- Válvula de control
- Electroválvulas direccionales de 2 vías
- Cilindro de acción doble
- Tanque

La bomba del sistema esta instalada dentro del tanque. El motor eléctrico y los otros componentes están instalados encima del tanque. El cilindro esta conectado en el equipo de tensado.

El motor eléctrico y la bomba se arrancan cuando el operario aprieta el botón de rearme en la cabina. Al llegar a la presión máxima, la válvula se cierra.

El motor eléctrico y la bomba están en marcha al operar la pluma. El flujo del aceite pasa a través de la válvula al tanque. La fuerza de tensado del cable se mantiene, pero la longitud del cilindro varia según la longitud del cable.

Cuando la pluma esta en su posición horizontal, los cables son tensados por el cilindro hidráulico, que al extraerse acorta el cable delantero, tira el carro hacia delante y así tensa el cable trasero también.

Cuando la presión del aceite sube a nivel predeterminado, la bomba se para. La presión, que no tiene salida, mantiene el cilindro extendido y los cables tensos.

7.6.2.4. Elementos de seguridad

La operación de la traslación del carro no es posible, si alguna de las siguientes condiciones no se cumple:

- El rearme activado
- Listo para operar activado
- El PLC en marcha
- Ventilador del motor de la traslación del carro en marcha
- El movimiento de la pluma parado y la pluma en suposición superior o inferior
- No alarma de velocidad alta del viento

No será posible tampoco cuando los siguientes elementos estén desconectados:

- Relé térmico
- Sondas térmicas de los motores
- Detector de fallo de excitación

- Micros para detectar la fusión de los fusibles de tiristores
- Termostatos de los radiadores de los tiristores
- Protección por la potencia consumida contra la máxima permitida
- Micros para detectar la fusión de los fusibles de los motores
- Detector de sobrevelocidad
- Detector de sobretensión
- Protección de circuitos de los frenos
- Protección de la línea de alimentación de los circuitos las unidades de control de regulación
- Finales de carrera de seguridad

Las siguientes protecciones y finales de carrera limitan o impiden el movimiento de la traslación del carro;

Los limites exterior e interior del recorrido (final de carrera rotativo) (el movimiento solo puede ser efectuado hacia el sentido contrario)

El limite de seguridad hacia el mar y hacia la tierra del movimiento de la traslación del carro (final de carrera electro-mecánico) (el movimiento solo puede ser efectuado hacia el sentido contrario)

- El final de carrera del freno
- El movimiento de la pluma y del pórtico parado
- Si la pluma está elevada, el recorrido del carro esta limitado hacia el mar a algunos metros hacia la tierra de las patas del lado mar
- Las células de carga detectan sobrecarga e impiden la traslación del carro
- Los finales de carrera de carga enganchada en los cilindros de atrás
- Los limites de protección de las vigas horizontales (final de carrera rotativo y posición de la elevación según el PLC)
- La bomba de la hidráulica de tensado del cable del carro parada
- Sonda térmica del motor de la traslación del carro

- Falta de campo magnético del motor de la traslación del carro
- Cualquier botón de paro de emergencia

El disparo de cualquier de estas protecciones causa la parada de emergencia. La corriente en los circuitos de frenos desaparece por lo que se cierran los frenos, se bloquean los reguladores de accionamiento, la tensión de inducido de los motores de elevación desaparece y los motores se paran.

7.6.3. El mecanismo de traslación del pórtico

Para poder realizar la operación de traslación del carro, las siguientes condiciones deben de ser cumplidas:

- La grúa rearmada
- La planta hidráulica en marcha
- El PLC en marcha (si lo tiene)
- Los bulones de tormenta levantados

7.6.3.1. El pórtico

Los cuatro postes se unen en su parte inferior a los paquetes de rodadura cuyo diseño ha de ser cuidadoso.

Se implementa un elevado número de ruedas con objeto de que éstas soporten adecuadamente la carga útil y sobre todo el alto peso propio del aparato. Se suelen tomar cuarenta toneladas por rueda como carga máxima.

Se introducen balancines con objeto de distribuir de manera uniforme la carga y eliminar así la posibilidad de sobrecargar las ruedas dispuestas en la parte inferior de los postes.



Figura 50. Paquete de rodadura de grúa portacontenedores

En la totalidad de los casos, la rodadura es de tipo acero-acero. Existen realizaciones especiales donde los carriles de rodadura describen trayectorias curvilíneas con objeto de adaptarse a las líneas de carga del puerto.

7.6.3.2. Elementos mecánicos

Carretones

El pórtico está instalado sobre cuatro conjuntos de balancines y carretones, uno en cada esquina. Los carretones de dos ruedas están unidos con un balancín. Los dos balancines están unidos con el balancín principal.



Figura 51. Carretones del pórtico.

Reductores/ruedas

En cada conjunto de balancines y carretones hay dos motores conectados en las dos ruedas de un carretón a través de un reductor, que reduce la velocidad del motor a la correcta para la traslación del pórtico. En cada conjunto de balancines y carretones hay dos carretones, o sea cuatro ruedas de tiro.

Las uniones de bulones horizontales entre carretones y balancines, entre los balancines y entre el balancín principal y el pórtico permiten los movimientos pequeños necesarios entre estos elementos.



Figura 52. Motor y reductor del mecanismo de traslación.

Frenos de ruedas

En cada conjunto de balancines y carretones hay dos frenos hidráulicos de ruedas. Estos frenos están abiertos, cuando la grúa está rearmada. Se cierran al parar la grúa.

Los cilindros hidráulicos de los frenos abren los frenos. El pórtico no puede ser operado antes de abrirse estos frenos.

La función de estos frenos es de bloquear el movimiento del pórtico, cuando la grúa no se opera.

Frenos de rail

También llamados de traslación son utilizados en grúas portacontenedores de gran tamaño, se emplean para evitar que la grúa se desplace por efecto del viento. Estos frenos son como zapatas sobre el carril o como garras aplicadas a los bordes del carril. En ambos casos se emplean actuadores Eldro.

Bulones de tormenta

Los dos bulones de tormenta son manuales. Antes que la operación de la grúa pueda ser empezada, estos bulones deben estar levantados. Al terminar la operación, la grúa debe de llevarse a su punto de enclavamiento y los bulones deben ser enclavados.

7.6.3.3. Elementos eléctricos

Motores

Los motores de la traslación suelen ser de entre 220-250 Vcc, 22-30 kW, 1750 rpm, con freno electro-magnético, dependiendo del número de motores y si son de CC o CA.

Hay grúas de 8 motores de CC o 16 motores CA, dependiendo de su potencia.

Aunque también se pueden encontrar motores de corriente alterna, trifásico, 1000 rpm, rotor bobinado.

Frenos electro-magnéticos

El freno electro-magnético esta dentro del mismo motor. Este freno esta abierto al llevar la palanca de control del movimiento del pórtico fuera de la posición cero.

El freno electro-magnético esta siempre cerrado, cuando el pórtico no esta operado o la grúa esta parada.

La función de estos frenos es de impedir el movimiento del pórtico durante la operación de la grúa.

PLC

El programa del PLC efectúa el control de la operación de la traslación del pórtico recibiendo información del operador (mandos) y de los diferentes contactos de la grúa (por ejemplo: finales de carrera, tacómetros, térmicos, cálculos del mismo PLC etc.).

Cuando el operador mueve la palanca de la operación de la traslación del pórtico de su posición cero, el programa chequea primero si la operación es permitida, o sea no existen condiciones que impidan la operación. Durante la operación el programa vigila continuamente que no surjan condiciones prohibitorias.

Tarjeta de control

El controlador digital efectúa el control del accionamiento de los motores de traslación del pórtico recibiendo mandos desde el PLC.

La aceleración y la deceleración del movimiento son controladas por el controlador digital.

Al devolver la palanca a su posición cero, el controlador digital reduce automáticamente la velocidad a cero. Los frenos se cierran, cuando la velocidad del pórtico esta en cero.

7.6.3.4. Elementos hidráulicos

En cada conjunto de balancines y carretes del pórtico hay una central hidráulica, que alimenta dos frenos. El motor y la bomba están dentro del tanque de aceite.

El equipo hidráulico esta en marcha siempre cuando la grúa está rearmada.

La presión hidráulica abre los frenos al rearmarse la grúa. Cuando la grúa está parada, la bomba hidráulica se para y los frenos se cierran.

7.6.3.4. Elementos de seguridad

La operación de la traslación del pórtico no es posible, si alguna de las condiciones siguientes no se cumple:

- El rearme activado
- El movimiento de la elevación y de la pluma parado
- Los frenos de ruedas abiertos
- Los bulones de tormenta levantados
- El contactor del enrollador del cable de alta tensión cerrado
- No alarma de alta velocidad del viento

Las siguientes protecciones y finales de carrera limitan o impiden el movimiento del pórtico:

- Los límites del recorrido del pórtico hacia derecha o hacia izquierda (el movimiento solo puede ser efectuado hacia el sentido contrario)
- La pluma en otra posición que horizontal, la traslación del pórtico no es posible con carga suspendida
- La pluma entre 0 y 45 grados
- El final de carrera de protección de colisión de las grúas
- El final de carrera del freno electro-magnético
- Finales de carrera de la lira, cable flojo
- Sondas térmicas de los motores de la traslación del pórtico
- Falta de campo de los motores de la traslación del pórtico
- Cualquier botón de paro de emergencia

7.6.4. El mecanismo de izado de la pluma

Al arrancar la grúa no se pone en marcha ningún elemento del sistema de operación de la grúa.

Para poder efectuar la operación de pluma, las siguientes operaciones deben ser cumplidas:

- La grúa rearmada
- El PLC en marcha
- El carro en su posición

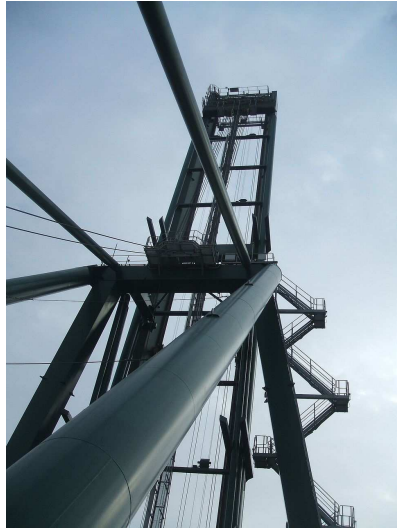


Figura 53. Pluma elevada de una grúa portainer de Valencia.

7.6.4.1. Elementos mecánicos

Freno de maniobra de la pluma

El freno es de disco de dos zapatas y funciona a falta de corriente.

Un muelle mantiene el freno siempre cerrado, cuando la traslación del carro no está operada o la grúa está parada.

La abertura del freno se efectúa con un actuador electro-hidráulico. Cuando el operador opera la palanca de la pluma, el actuador electro-hidráulico abre el freno antes de arrancar el motor.

Cuando la operación se ha finalizado, el freno se mantiene abierto hasta que el movimiento se haya parado completamente.

Siendo de tipo de funcionamiento a falta de corriente, el freno esta siempre cerrado en el caso de corte de corriente.



Figura 54. Freno de maniobra de la pluma

Freno de seguridad o de banda

En la otra punta del tambor de cable de pluma está el freno de seguridad. Este freno es de disco de cuatro zapatas, con accionamiento hidráulico, cargado por un muelle.

El freno es accionado por cuatro gatos hidráulicos. El gato se retrae, cuando la válvula de control se abre y permite la presión entrar en el gato.

Al terminar la operación de la pluma, se cierra la válvula de control y el freno se cierra por la fuerza del muelle.

La función de este freno de seguridad es de bloquear el movimiento de la pluma.



Figura 55. Freno de seguridad o de banda

Tambor de cable

El tambor de cable sirve para almacenar los cables de acero de la elevación de la pluma.



Figura 56. Tambor de cable del mecanismo de izado de la pluma.

Cables de acero

Los dos cables de elevación de la pluma son de acero trenzado de 28-30 mm de diámetro.

Una punta de los cables esta fijada en el tambor y la otra en la pluma.



Figura 57. Cable del mecanismo de izado de la pluma.

Pestillo de enclavamiento de la pluma

El pestillo de enclavamiento de la pluma bloquea la misma en la posición elevada, es de accionamiento hidráulico/gravitatorio. La gravedad mantiene el pestillo siempre bajado. El actuador electro-hidráulico, levanta el pestillo cuando sea operada la pluma desde su posición superior hacia abajo.

Cuando la pluma se baja, primero se levanta el pestillo y después empieza accionar el motor de elevación de la pluma. El pestillo puede ser levantado automática o manualmente.

Al elevar la pluma el pestillo es elevado por la estructura de la pluma. Después baja por gravedad.

7.6.4.2 Elementos eléctricos

Motor

El motor de elevación de la pluma puede ser de corriente continua o de corriente alterna, dependiendo del tipo de grúa, y suele llevar un motor auxiliar.



Figura 58. Motor del mecanismo de izado de la pluma.

Control de operación de la pluma

El programa del PLC efectúa el control de la operación de la pluma recibiendo información del operador (mandos) y de los diferentes contactos de la grúa (por ejemplo: finales de carrera, tacómetros, térmicos, cálculos del mismo PLC etc.)

Cuando el operador da orden de la operación de izado de la pluma, el programa chequea primero si la operación es permitida, o sea no existen condiciones que impidan la operación. Durante la operación el programa vigila continuamente que no surjan condiciones prohibitorias.

Cuando comienza el accionamiento de la pluma, los frenos son abiertos por el actuador electro-hidráulico y por el sistema hidráulico respectivamente después de activar el campo magnético del motor de elevación de la pluma pero antes de arrancarse el motor. Esto impide, que la pluma empiece a ceder durante el intervalo de abrirse los frenos y arrancarse el motor.

El controlador digital efectúa el control del accionamiento del motor de elevación de la pluma. Recibe mandos desde el PLC.

La aceleración y la deceleración del movimiento son controladas por el controlador digital.

Al acercarse el final superior o inferior del recorrido de la pluma, el controlador digital reduce automáticamente la velocidad a cero. El freno se cierra, cuando la velocidad esta en cero.

En los motores CA la regulación se lleva a cabo a través de variadores de frecuencia y en los motores CC es a través de tiristores o resistencias de frenado.

7.6.4.3. Elementos de seguridad

La operación de la elevación de la pluma no es posible, si alguna de las siguientes condiciones no se cumple:

- El rearme activado
- El PLC en marcha
- Ventilador del motor de la elevación de la pluma en marcha
- El movimiento de la elevación, carro y pórtico parado
- El carro en su posición
- No carga suspendida y twist locks abiertos
- No alarma de velocidad alta del viento

Las siguientes protecciones y finales de carrera limitan o impiden el movimiento de izado:

- Los límites superior e inferior del recorrido (final de carrera electro-mecánico) (el movimiento solo puede ser efectuado hacia el sentido contrario)
- El límite de seguridad superior del movimiento de la elevación de la pluma (final de carrera electro-mecánico)
- Al operar desde la cabina del operador, el operador debe estar sentado
- Al bajar el cable suelto
- Sonda térmica del motor de la elevación de pluma
- Falta de campo magnético del motor de la elevación de la pluma
- Cualquier botón de paro de emergencia.

7.7. Elementos de suspensión

Los elementos de suspensión tienen como misión fundamental enclavar la carga a elevar con el aparato de elevación, se pueden encontrar diferentes elementos dependiendo de la carga a transportar.

Si la carga a elevar puede amarrarse a cables o eslingas, éstos se sujetarán a un gancho que forma parte del aparejo del aparato de elevación. Cuando se trata de manipular carga a granel, el elemento de suspensión será una cuchara que estará unida mediante cables al aparato de elevación.

En caso de transportar contenedores, el elemento de suspensión será un spreader, que es una estructura metálica que estará unida al aparato de elevación mediante cables y que se enclavará al contenedor mediante cuatro puntos de sujeción dispuestos en cada uno de los vértices superiores del contenedor.

Además también podemos encontrar electro-portadores, garras y pinzas. En nuestro caso, nos centraremos en los spreaders, ya que son los métodos de suspensión utilizados en las grúas pórtico del puerto de Barcelona.

7.7.1. Spreaders

En el caso de los contenedores los únicos puntos hábiles para su manipulación son los ocho vértices, es para estos que se han ideado unos sistemas de suspensión especiales que, encaramados sobre los puntos de amarre de la carga, realizan los movimientos de elevación y traslación con rapidez y estabilidad.

Un spreader tiene como componentes principales:



Figura 59. Partes de un spreader.

| | |
|------------------------|-----------------------------------|
| 1. cable de mando | 5. Mecanismo de telescopaje |
| 2.Aparejo de elevación | 6.Mecanismo guiado (flippers) |
| 3.Estructura | 7.Mecanismo de giro de twist-lock |
| 4.Twist-lock | 8. Headblock |

En el caso más general, el spreader puede realizar 3 movimientos, todos ellos gobernados por el cable de mando:

- Movimiento de telescopaje de largueros. Existe en aquellos spreaders hábiles para la manipulación de contenedores de 20, 35, 40 y 45 pies.

Se lleva a cabo mediante un accionamiento hidráulico por medio de poleas con reenvío, de cables o cadenas de rodillos.

La longitud se mantiene fija con los bulones hidráulicos de bloqueo de los brazos telescópicos.

- Movimiento de giro del mecanismo de guiado. Mediante este movimiento se incorporan en los cuatro cóners del contenedor unas guías metálicas conformadas por placas plegadas a noventa grados llamadas flippers.

El accionamiento es hidráulico o eléctrico.

Los flippers están situados en las cuatro esquinas des spreader. Ellos guían al spreader a colocarse correctamente encima del contenedor. Cada uno es actuado independientemente por un motor hidráulico.

Los flippers pueden ser operados individualmente, en cualquier combinación de parejas, en cualquier combinación de grupos de tres o todos a la vez.



Figura 60. Mecanismo de guiado (flippers)

- Movimiento de giro de twist-lock. El giro del twist-lock aprisiona los cuatro extremos del spreader en los comers superiores del contenedor y agarra el contenedor.

El twistlock es un gancho que está situado en la esquina del sprader que se introduce en el corner fácilmente. Al ser girado 90° queda bloqueado. Son de acero especial altamente resistente.

El movimiento se lleva a cabo mediante un varillaje accionado mecánicamente o a través de cilindros hidráulicos.



Figura 61. Detalle de un Twist-lock

Además disponen de palpadores que detectan el contacto del spreader con el contenedor.

Los palpadores son bulones metálicos, presionados con la fuerza del muelle hacia abajo. Cuando el spreader está bien colocado encima del contenedor, los

palpadores son apretados hacia arriba y los detectores inductivos se activan indicando, que el spreader está correctamente colocado encima del contenedor.

7.7.1.1. Tipos de spreaders

Existen tres tipos de spreaders:

- **Spreaders simples**

Son dispositivos diseñados para trabajar suspendidos del gancho de una grúa mediante cuatro poleas. Son muy útiles para servicios ocasionales de manipulación de contenedores.

Este tipo de spreaders no tiene posibilidad de movimiento de telescopaje, es decir, presentan unas medidas fijas, normalmente correspondientes a las expresadas por ISO para contenedores de veinte pies.

Así mismo, no existe mecanismo de guiado, presentando únicamente giros en los cuatro twist-locks.

El accionamiento de giro de twist-lock puede ser:

- Manual: mediante una palanca situada en la parte central del spreader, se transmite de forma mecánica el movimiento hasta los cuatro vértices

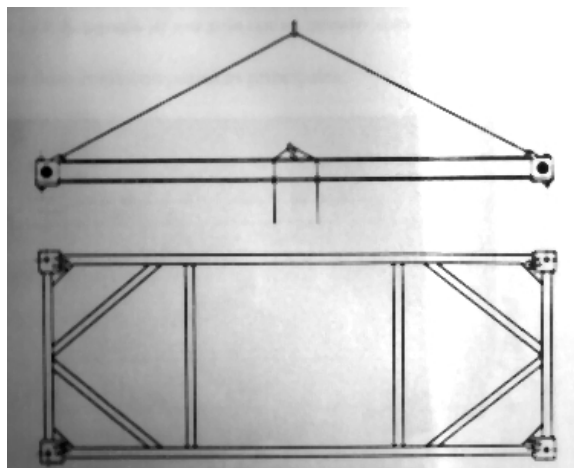


Figura 62. Spreader simple con accionamiento manual

- Semiautomático, mediante un cable central, al elevarse el gancho se tensa el cable de mando, transmitiendo mecánicamente el movimiento hasta los cuatro puntos de amarre, y enclavando el spreader al contenedor. La descarga se lleva a cabo, destensándose el cable de

mando, una vez destensadas las cuatro eslingas de suspensión de la carga.

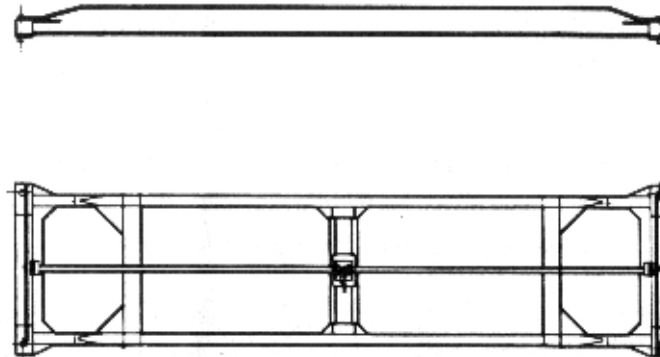


Figura 63. Spreader simple con accionamiento semiautomático

Para la manutención de contenedores de treinta o cuarenta pies, se acopla a cualquiera de los spreaders simples analizados en los párrafos anteriores, otro segundo formando un sólido rígido con los twist-locks de carga dispuestos en las nuevas cotas.

De esta forma, no es preciso sustituir el spreader y las correspondientes eslingas de suspensión, sino que con una operación de amarre o desamarre en los cuatro córners es suficiente.

- **Spreaders para grúas portacontenedores**

Son dispositivos diseñados para su acoplamiento a sistemas de cuatro poleas. De esta forma se consigue un rectángulo de estabilidad que permite compensar en cierto grado las variaciones del centro de inercia de la carga sin la aparición de giros y movimientos desestabilizadores. Se utilizan en operaciones largas de transporte de carga containerizada.

Este tipo de spreaders suelen presentar los tres movimientos típicos:

- Telescopaje de largueros
- Giro del mecanismo de guiado
- Giro del twist-lock

Puede incluir un giro del spreader respecto a un eje vertical y mecanismos de antibalaneo. Un cable eléctrico de mando regula los tres movimientos.



Figura 64. Spreader para grúa portacontenedores

El accionamiento de los tres movimientos es hidráulico o eléctrico según diversos diseños. En el primer caso, el movimiento es generado por aparatos hidráulicos accionados eléctricamente y, en el segundo caso, por motores eléctricos independientes.

- **Spreaders puntuales automáticos**

Es un sistema de suspensión que introduce en su concepto la sencillez del spreader simple y la sofisticación de movimientos del spreader para grúas portacontenedor.

El sistema de enganche de cuatro cables, visto en el spreader simple, es sustituido por una torre en forma de pirámide aligerada de manera que el enclavamiento del spreader al gancho es inmediato.

Por otro lado, la inestabilidad del sistema provocada por desplazamientos del centro de inercia de la carga es resuelta mediante la translación de la torre hasta el punto de estabilidad.

El accionamiento hidráulico o eléctrico es regulado por el correspondiente cable de mando.

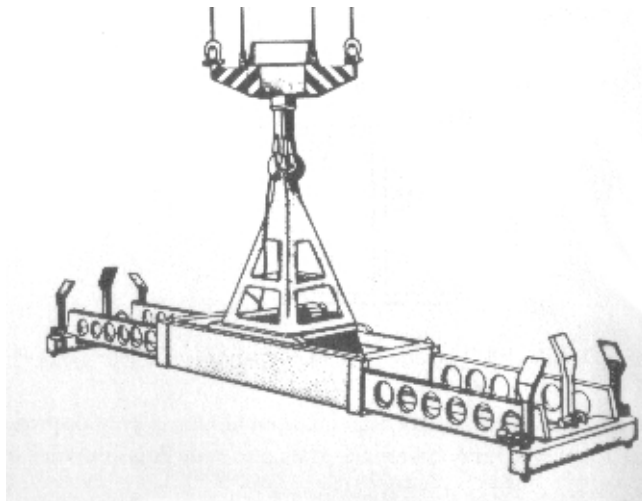


Figura 65. Spreader puntual automático.

7.7.1.2. Elementos de un spreader

Cable de mando

El spreader va equipado con una centralita hidráulica que acciona los twist-locks, los flippers y el mecanismo telescópico de éste.

El control total del spreader se consigue desde la consola de mando en cabina. Por el cable umbilical se envían las órdenes a través de sus distintos conductores eléctricos internos, pilotando la centralita hidráulica y las electroválvulas correspondientes. Así mismo se recibe en cabina la posición de los twist-locks y el estado de los palpadores.

Motor de la central hidráulica

El motor eléctrico de la bomba de la central hidráulica es de tipo corriente alterna, trifásico, 380/440 V, 1500 rpm, según el modelo. El motor gira con una velocidad constante arrastrando la bomba hidráulica.

Central hidráulico

El central hidráulico consta de un tanque de aceite, una bomba de caudal variable o fijo, según el modelo, bloque de válvulas de seguridad y control de distintas operaciones del spreader.

El tanque de aceite hidráulico sirve para almacenar el aceite y proporcionar refrigeración al mismo. El aceite bombeado y dirigido para efectuar alguna operación vuelve al tanque sin presión.

La bomba de caudal variable gira con una velocidad constante. El caudal varía según la necesidad de operación. Cuando una válvula de control de una operación se abre, aumenta el caudal, que atraviesa la bomba.

Las válvulas de control de las operaciones del spreader dirigen el flujo de aceite hacia esos elementos que deben ser movidos para efectuar la operación requerida.

Los twist-locks son movidos por un cilindro hidráulico cada uno, pero son alimentados por solo una válvula en cada brazo, por lo tanto funcionan en parejas.

Los flippers son actuados por un motor hidráulico en cada uno de ellos y se operan individualmente según la necesidad de la operación.

Los brazos telescópicos son movidos por dos motores hidráulicos. El movimiento del motor es llevado a los brazos telescópicos a través de un mecanismo piñon/cremallera. Los brazos quedan bloqueados en sus posiciones distintas por dos bulones hidráulicos.

Los bulones de bloqueo de los brazos telescópicos son actuados por cilindros hidráulicos, que aprietan los bulones en los orificios en la estructura del spreader según la longitud demandada por el operario.

La estructura

En la mayoría de los casos, la estructura está constituida por un cuerpo central, del cual parte cuatro largueros, que pueden ser extensibles y que están unidos dos a dos por dos vigas testeras que son siempre de longitud fija.

Las dimensiones están fijadas por la normativa ISO, SEA LAND o especificaciones mixtas.

Suele estar construida en viga cajón, si bien en algunos casos se utiliza placa de gran espesor fuertemente aligerada o doble T.



Figura 66. Estructura de un spreader

Mecanismo de seguridad

En el diseño de un spreader, un capítulo importante es el ocupado a dispositivos de seguridad con objeto de impedir un mal amarre de la carga.

Existen los siguientes tipos:

- Dispositivo mecánico de palancas, que se ocupa del giro de twist-lock.
- Detectores
- Twist-locks cerrados/abiertos
- Palpadores
- Posición de los telescópicos
- Posición de los bulones de bloqueo de los brazos telescópicos
- Detectores de los flippers elevados
- Detectores de cable flojo entre el spreader y el headblock

Estos mecanismos están conectados a un sistema de luces que indican, según un determinado criterio, el estado del amarre del spreader.

Asimismo, es también posible conectar los mecanismos citados al propio sistema de elevación, de manera que éste no se lleve a cabo hasta que se haya verificado los diferentes sistemas de seguridad.

7.13.1. Cables

Como órganos flexibles de las máquinas para elevar carga se emplean preferentemente los cables metálicos.

Un cable metálico es un elemento constituido por alambres agrupados formando cordones, que a su vez se enrollan sobre un alma formando un conjunto apto para resistir esfuerzos de extensión.

Los elementos que componen un cable son:

- Alambres: generalmente de acero trefilado al horno, con carga de rotura a tracción entre 1200 y 1800 MPa.
- Almas: son los núcleos en torno a los cuales se enrollan los alambres y los cordones. Suelen ser metálicas o textiles.

Cordones: son las estructuras más simples que podemos constituir con alambres y almas: se forman trenzando los alambres, bien sobre un alma o incluso sin alma.

Cabos: son agrupaciones de varios cordones en torno a un alma secundaria utilizados para formar estructuras.

Con los alambres, almas, cordones y cabos se construyen los cables, y existe una gran diversidad de configuraciones.

Aceros empleados en la fabricación de los cables

Se parte del "fermachine" de acero Siemens Martin o de Homo Eléctrico con contenido en carbono entre 0,3 a 0,8 %, 0,3 % de Si y 0,8 % de Mg, en diámetros que oscilan entre 5 y 10 mm.

Partiendo del fermachine, los alambres sufren un proceso de tres fases:

Patentado. Con el fin de dar a los alambres la ductilidad suficiente para poder someterlos a la operación de trefilado.

Decapado, bonderizado y encalado. Para eliminar óxidos superficiales y preparar y proteger la superficie.

Trefilado. Proceso en frío consistente en reducir la sección de alambre haciéndolo pasar por orificios de diámetro decreciente. Con ello se produce un endurecimiento del material, por lo cual se repite el ciclo desde el trefilado. Mediante estas operaciones podemos

conseguir alambres con resistencia a la rotura de 900 a 1800 e incluso mas de 2000 MPa.

Los ensayos de duración aconsejan no exceder de 1800 MPa con el fin de obtener la máxima duración.

| Diametros | Resistencia (MPa) |
|-----------|-------------------|
| 0,5 a 1,5 | 1800 |
| 1,5 a 2 | 1600 |
| 2 a 3 | 1500 |
| 3 a 4 | 1400 |
| Más de 4 | 1200 |

Figura 67. Tabla resistencia de los cables en función del diámetro.

Aplicación en grúa pórtico

Los cables más utilizados suelen ser:

| Diámetro de utilización | Composición de los cables |
|-------------------------|---|
| 8 a 25 mm | 6 x 19 (1+6+12) 1 alma textil |
| 10 a 30 mm | 6 x 37 (1+6+12+18) 1 alma textil |
| | 6 x 36 (1+7+7,7+14)W.S. 1 alma textil |
| 20 a 40mm | 6 x 61 (1+6+12+18+24) 1 alma textil |
| | 6 x 54 (1+6+9+9,9+18)W.S. 1 alma textil |

Figura 68. Tabla de diámetros de utilización en función de la composición de los cables.

7.13.2. Poleas

La polea es un elemento de un aparato de elevación cuyo objeto es cambiar la dirección del cable o servir de elemento de acoplamiento entre aparato y carga como componente de un aparejo. En la actualidad se realizan poleas en acero y en plástico, siendo estas últimas más utilizadas en aquellos aparatos en los que la carga en punta de flecha es importante, debido a la reducción de peso que llevan consigo.

Poleas de acero

Existen dos tipos de poleas, las de radios o las de alma central. Su representación así como sus partes principales se exponen en las figuras siguientes

Las poleas en la actualidad pueden realizarse partiendo de los siguientes materiales.

- Fundición modular
- Acero moldeado
- Acero soldado
- Acero laminado

Las poleas de acero laminado diseñadas y construidas están provistas de rodamientos, perfectamente obturados con retenes especiales. El engrase de estos rodamientos se hace mediante engrasadores a presión, uno por rodamiento, colocados en el extremo del eje y debidamente protegidos contra golpes.



Figura 69. Poleas del cable de traslación del carro.

En la ejecución de la polea se presta especial atención a la forma de la garganta. El radio de fondo ($r = 0,54 d$) condiciona en gran medida la vida del cable, que será máximo si hay un buen asentamiento del cable sobre la garganta de la polea. Bajo pedido se pueden montar poleas con la garganta templada para aumentar la vida de las mismas.

La separación entre poleas (aparejos de cuatro o más poleas) es muy reducida debido al tipo de rodamiento empleado. Al determinar el diámetro de la polea compensadora y la situación de las poleas de vuelta, se tendrá en cuenta que la desviación lateral del cable no debe ser superior a 4°.

Las poleas están protegidas por defensas fácilmente desmontables aunque el aparejo esté suspendido de los cables. Las ventanas de salida de cables tienen los bordes reforzados y redondeados para no dañar el cable.

7.13.3. Tambores

Los tambores de cable han de calcularse de modo que en la posición más alta del medio de transporte no pueda arrollar más capas de cables que las previstas.

Podemos dividir los tambores de elevación en dos grandes grupos:

- De una capa: el cable, normalmente ranurado, se enrolla solo en una capa. Son los tambores que generalmente se montan en aparatos de elevación.
- De varias capas de cable: el cable se enrolla en capas sucesivas, normalmente son lisos. Utilizados solo en tambores de obras públicas, en las cucharas mecánicas y en los tambores de almacenamiento de que encuentras detrás de las poleas de fricción.

Según las reglas de Gosgortejnador, los bordes de los tambores deben sobresalir por encima de la capa superior del cable enrollado no menos que dos diámetros del cable y los bordes de los tambores lisos para cadenas soldadas, no menos que la anchura del eslabón de la cadena.

Los tambores se fabrican generalmente, bien en fundición de hierro, de acero fundido, o en construcción de chapa de acero soldada.

Los tambores son accionados directamente o, en el caso de grandes tambores mediante corona dentada.

La longitud de los tambores debe ser tal que en la posición inferior del gancho queden al menos 1,5 (es preferible de 2 a 3) espiras muertas, a fin de que refuercen la fijación del cable e impidan que la carga quede colgando directamente de ésta.

Las fijaciones de los cables han de ser fiables, accesibles para los casos de revisión, de conveniencia para el cambio del cable, y de fácil fabricación.

7.13.4. Carriles

La práctica totalidad de los aparatos de elevación utilizan como medio de rodadura, la rueda de acero sobre carril metálico. Únicamente, los vehículos-grúa y pórticos autoportantes correspondientes a realizaciones especiales incorporan rodaduras de tipo neumático-asfalto.

El sistema de rodadura por carril metálico implica la selección y cálculo de la rueda y el propio carril. Para ello se parte de un número de ruedas determinado, sabiendo la carga por rueda se selecciona el carril y se comprueba y si es necesario se aumenta el número de ruedas. El proceso continúa comprobando la rueda para el carril seleccionado, si la rueda no se ajusta hay dos posibilidades; aumentar el diámetro de la rueda o aumentar el número de ruedas, en cuyo caso se vuelve a recalcular el carril.

Existen diferentes tipos de carriles, si bien todos ellos presentan características comunes:

- Permitir una fácil rodadura del elemento rodante:
- Conformar un perfil equilibrado
- Presentar un valor adecuado de inercia

Los carriles tipo Llanton son los más utilizados por la rodadura de los carros de grúas pórtico, son carriles ordinarios. Se emplean frecuentemente sobre los caminos de rodadura implementados sobre perfiles laminados o vigas cajón. Se suministran rectangulares, con las esquinas superiores redondeadas o achaflanadas, con superficie bombeada.

7.13.5. Ruedas

Las ruedas metálicas son el elemento de apoyo de los aparatos de elevación por excelencia. Las ruedas unidas directamente al elemento motriz son denominadas tractoras, el resto son libres.

Los perfiles de rodadura pueden tener uno o dos salientes laterales o pestañas, con objeto de direccionar el movimiento de la rueda a lo largo de los raíles. Las ruedas sin pestañas pueden utilizarse solamente en presencia de rodillos guía complementarios con el eje vertical de rotación.

Existen diferentes tipos de perfiles de rodadura:

- Cilíndrica sin pestaña
- Cilíndrica de una pestaña
- Cilíndrica de una pestaña
- Cilíndrica de dos pestañas
- Cilíndrica de dos pestañas.

La pestaña única se utiliza en tres casos:

- Cuando la distancia entre los carriles no sobrepasa los cuatro metros y ambos caminos se encuentran en la misma cota vertical, si se tiene en cuenta que la disposición de las pestañas de las ruedas en un rail esté opuesto a la disposición de las pestañas de las ruedas en otro rail.
- En los carros de apoyo y suspendidos de los puentes grúa.
- En los carros suspendidos que se desplazan por un monocarril.

La superficie de rodadura puede ser cilíndrica o cónica. La conicidad, habitualmente, alcanza el valor de 1:20. Para las grúas con accionamiento independiente y para las que tiene un número de ruedas mayor de cuatro, así como para casos se recomienda utilizar superficies cilíndricas.

Las ruedas libres son siempre de llanta cilíndrica.

En los mecanismos de avance con accionamiento central y con dos ruedas impulsoras, se recomienda utilizar llanta cónica.

La utilización de rueda sin pestaña con rodillos guía disminuye esencialmente las pérdidas por rozamiento por el carril ya que el rozamiento de deslizamiento de las pestañas se sustituye por el de rodadura del rodillo.



Figura 70. Rueda del mecanismo de traslación del pórtico.

8. Mantenimiento

Un inadecuado mantenimiento, o la falta del mismo, son una fuente de gastos para las empresas. Las averías suelen producirse en los momentos más inoportunos, justo cuando más se necesita la total disposición de los dispositivos, y las consecuencias son paradas y retrasos en los procesos. Además, los problemas tienden a complicarse, cuando debido a un mantenimiento incorrecto, las piezas y los aparatos tienen que trabajar por encima de sus posibilidades, con la consecuente reducción de su vida útil, y aumentando de esta manera los costes finales.

Los extensos manuales de mantenimiento normalmente dan suficiente información sobre la frecuencia de inspección y de los ítems que tienen que ser revisados y realizar su mantenimiento. En el caso de la grúa porta-contenedores, como es demasiado grande para realizar el trabajo de mantenimiento dentro del taller, el mantenimiento se llevará a cabo in situ o en un determinado lugar de la terminal o muelle dedicado para ello.

El completo sistema y la automatización requieren habilidades especiales. La formación de un apropiado equipo de operaciones es cara y requiere mucho tiempo, pero es absolutamente necesario. El mantenimiento y las inspecciones de equipos hidráulicos requieren especial conocimiento y gran entendimiento del sistema que está en uso.

Los ingenieros mecánicos deben inspeccionar los sistemas de elevación y traslación del carro, el mecanismo de izado de la pluma y el mecanismo de traslación del pórtico y de los elementos de los que están compuestos. Las estructuras de acero deben de ser inspeccionadas a causa de la fatiga y otros fallos. Los tornillos y pernos deben de ser revisados regularmente ya que pueden aflojarse, agrietarse, corroerse o producirse otros daños. El engrase y la lubricación son una importante parte de todo este proceso porque mientras este esencial procedimiento es asumido, los ingenieros pueden llevar a cabo otras inspecciones mecánicas o visuales al mismo tiempo. La lubricación y el engrase deben ser llevados a cabo completamente, y no realizarlo a ligera incluso aunque sea costoso y sucio. Es uno de los caminos más importantes en el cual la vida útil del equipo puede ser extendida y el tiempo de inactividad de la máquina a causa de reparaciones y averías sea reducido.

El mantenimiento de una grúa consiste en el conjunto de comprobaciones, actuaciones, sustituciones y ajustes que se realizan para que la misma mantenga un nivel de seguridad aceptable y como mínimo acorde con el prescrito en el marco normativo que le sea aplicable.

Los equipos de trabajo conservarán durante todo el tiempo de utilización unas condiciones que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos de trabajo. Dicho mantenimiento se realizará teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante o en su defecto, las características de estos equipos, sus

condiciones de utilización y cualquier otra circunstancia normal o excepcional que pueda influir en su deterioro o desajuste.

Las operaciones de mantenimiento, transformación o reparación de equipos de trabajo, cuya realización suponga un riesgo específico para los trabajadores sólo podrán ser encomendadas a personal especialmente capacitado.

8.1. Tipos de mantenimiento

El mantenimiento puede ser preventivo o correctivo.

El mantenimiento preventivo consiste en realizar ciertas reparaciones o cambios de componentes o piezas, según intervalos de tiempo, o según determinados criterios, prefijados para reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de la grúa. Siempre se planifica. El mantenimiento preventivo puede ser programado o mantenimiento predictivo, este último cuando está condicionado a la detección precoz de los síntomas de la avería. El mantenimiento programado es "aceptable" preventivamente hablando, mientras que el predictivo es "aceptable" tan solo cuando la fiabilidad de los parámetros de referencia es alta y su medición ofrece garantías.

El Mantenimiento correctivo es el efectuado a una grúa cuando la avería ya se ha producido, restituyéndole a su condición admisible de utilización. Preventivamente hablando "no es aceptable", si bien se cita para completar el tratamiento del mantenimiento.

8.1.1. Mantenimiento Preventivo

De acuerdo con la norma UNE 58144-1 de 1997, todos los aparatos de elevación de carga suspendida deben de ser revisados, dependiendo de los tiempos de utilización, condiciones y lugar de utilización siendo esta revisión como mínimo una vez al año.

Estas revisiones deben ser efectuadas por técnicos especializados que debido a su dedicación y experiencia tengan conocimientos suficientes en el campo de los equipos de elevación y estén familiarizados suficientemente con los reglamentos correspondientes de forma que les permitan detectar las desviaciones sobre las condiciones normales de funcionamiento, es decir un personal especialmente formado.

Dentro del mantenimiento preventivo se distinguen las revisiones y comprobaciones previas, las revisiones periódicas y las revisiones generales.

Las revisiones periódicas y comprobaciones previas constituyen el mantenimiento más inmediato y consisten en las revisiones diarias que debe de realizar el operador antes de iniciar su jornada de trabajo o antes de la puesta en servicio de la grúa y consistente en:

Revisión visual y de funcionamiento de los mecanismos de seguridad: limitadores de carrera, frenos, dispositivos de seguridad y de parada de emergencia.

Revisión visual de los aspectos más aparentes de la grúa y de elementos sometidos a esfuerzo.

Si el operador detectara alguna anomalía, debe de ponerla inmediatamente en conocimiento del técnico responsable.

Revisiones periódicas

Se adoptan "las medidas necesarias para que aquellos equipos de trabajo sometidos a influencias susceptibles de ocasionar deterioros que puedan generar situaciones peligrosas, estén sujetos a comprobaciones y, en su caso, pruebas de carácter periódico, con objeto de asegurar el cumplimiento de las disposiciones de seguridad y de salud, y de remediar a tiempo dichos deterioros. Igualmente, se deberán realizar comprobaciones adicionales de tales equipos cada vez que se produzcan acontecimientos excepcionales, tales como transformaciones, accidentes, fenómenos naturales o falta prolongada de uso, que puedan tener consecuencias perjudiciales para la seguridad". "Las comprobaciones serán efectuadas por personal competente"; y "los resultados de las comprobaciones deberán documentarse y estar a disposición de la autoridad laboral. Dichos resultados deberán conservarse durante toda la vida útil de los equipos".

8.1.2. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo está motivado por las averías o por la rotura de elementos de una máquina y la calidad de su ejecución puede afectar a la seguridad del funcionamiento del aparato reparado.

La reparación de averías, mantenimiento correctivo, cuando comporte la sustitución o reparación de elementos o componentes del equipo de cuyo correcto funcionamiento dependa la seguridad, debería ser realizada por el propio fabricante o por una empresa conservadora autorizada; empleando siempre piezas o recambios originales o admitidos expresamente por el fabricante de la grúa. Debería inscribirse el tipo de reparación en el "Diario de mantenimiento".

Siempre se realizarán las operaciones de mantenimiento con la grúa parada, consignada y libre de cualquier carga suspendida.

Estos tipos de mantenimiento deberán ser realizados por personal calificado, y deben documentarse.

En aplicación de la exigencia de "comprobaciones periódicas" y de la documentación escrita de los resultados de las mismas de estas máquinas móviles, estas deben tener un diario de mantenimiento y, conservarse durante toda la vida útil de los equipos", el cual se debe mantener actualizado.

Un libro de mantenimiento que recopile los registros periódicos proporcionará información para una futura planificación e informará al personal responsable del mantenimiento, sea de la propia empresa o externo, de las actuaciones previas realizadas.

8.2. Envejecimiento de la grúa

La evaluación del envejecimiento de las grúas se obtiene siguiendo las reglas de cálculo que han sido desarrolladas a partir de los conocimientos científicos y técnicos, así como de las experiencias de los usuarios y fabricantes de los diferentes tipos de aparatos y accesorios.

Esta noción de envejecimiento se aplica principalmente a la estructura y a los mecanismos con exclusión de los elementos consumibles (ejemplo: cables, guarniciones de frenos, etc.).

Los factores principales de envejecimiento a tener en cuenta en las grúas, son la fatiga de los materiales, la corrosión, los accidentes ocurridos durante su explotación, montaje y/o desmontaje, la incidencia de las sobrecargas y la adecuación y periodicidad del mantenimiento.

El usuario deberá seguir siempre las recomendaciones del fabricante sobre los procesos de envejecimiento de las estructuras y de los equipos, que constituyen la parte más sensible de la maquina. Además debe tener en cuenta que todo el proceso de envejecimiento puede acelerarse en función de las condiciones del área de trabajo (muy altas o muy bajas temperaturas, atmósferas corrosivas, etc.)

8.3. Manuales de mantenimiento

Los manuales de mantenimiento deben contener:

- Introducción
- Principales características técnicas
- Precauciones sobre la velocidad del viento en la cual el equipo no pueda trabajar y deba ser bloqueado contra tormenta, etc.

- Procedimientos y demandas de seguridad
- Precauciones generales
- Instrucciones para el uso del sistema containtcendios
- Todo tipo de dibujos e información, planos de los mecanismos, etc.
- Certificados de los cables.
- Instrucciones de uso del aceite y grasa
- Intervalos entre inspecciones y control de mecanismos y partes eléctricas
- Instrucciones para la inspección de construcciones de acero y su conservación.
- Tolerancias permitidas en los raíles.
- (El sistema eléctrico normalmente esta descrito en libros de mantenimiento por separado)

8.4. Periodos de mantenimiento

El mantenimiento regular es lo más importante y alargará el tiempo de vida del equipamiento, disminuirá las paradas y prevendrá daños. El mantenimiento significa por encima de todo, un buen engrase de todos los mecanismos, y también un regular control de simples ítems como tornillos y tuercas. Una inspección extra es recomendable después de una fuerte tormenta.

Las inspecciones deben de ser visuales cuando el mecanismo esta inmóvil y cuando esta trabajando. Es también necesario comprobar la temperatura del motor, acoplamiento, caja de cambios y frenos mientras la maquina esta en marcha y comprobar el desgaste de pequeños.

9. Mantenimiento de las diferentes partes de la grúa

Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento debemos asegurar la zona, colocar cinta de peligro y desconectar la tensión. Deberemos utilizar los EPIs, (casco, guantes, gafas protectoras, etc.)

9.1. Mantenimiento mecánico

9.1.1. Mantenimiento de la estructura

Principalmente se realizará una comprobación visual de columnas, vigas, apoyos, anclajes y demás elementos constructivos que influyan en el soporte de la estructura de la grúa. Además de revisar el estado de grietas, deformaciones, desgaste y corrosión. Comprobar uniones de vigas: apriete tornillos, control de soldaduras, etc.

Inspección y comprobación del sistema de rodadura y desplazamiento, incluyendo carriles de rodadura, poleas, engranajes, etc., procediendo a su limpieza y lubricación. En caso de holguras excesivas, sustituir cojinetes o rodamientos, alinear, reapretar o calzar soportes, etc. Además comprobar topes mecánicos.

Comprobar, revisar y conservar el estado y funcionamiento de los dispositivos de enclavamiento y amarre y enganche de la grúa.

Revisar la instalación y estado de escaleras de acceso y pasarelas, peldaños, escalones, vigas, revestimiento de pasarelas, plataformas, además de resguardos protectores (barandillas, barras intermedias, cercos de quitamiedos y resguardos de pie).



Figura 71. Estructura de una grúa portacontenedores del puerto del Barcelona

Mantenimiento de los testers:

- Comprobar la frenada simultanea de los grupos motrices de forma mensual.
- Comprobar desgaste de las pestañas de las ruedas cada tres meses.
- Comprobar que no existan grietas capilares en las zonas de rodadura de las ruedas con una periodicidad trimestral.
- Verificar trimestralmente niveles de aceite y estado de grasas en los grupos reductores.
- Comprobar apriete de tornillos y tuercas de fijación de los distintos elementos (motores, reductores, topes, etc.). Comprobar estado de soldaduras de forma semestral.

9.1.2. Mantenimiento del carro

Se deberá comprobar los elementos de desplazamiento (ruedas, guías, topes, etc), engrasándolos. Comprobar estado de tornillos, soldaduras y demás elementos de amarre. Revisar funcionamiento del reductor, ruidos o vibraciones existentes, y nivel y estado del aceite lubricante. Comprobar estado del cable y poleas de elevación, sistema de guiado, etc. Verificar el correcto estado del sistema o sistemas de limitación de la carga máxima.

Se realiza con una periodicidad mensual el engrase del cable de elevación y la comprobación de pérdidas de aceite o grasa.

Se realiza con una periodicidad trimestral o semestral los siguientes trabajos:

- Comprobar el estado de las ruedas del carro.
- Inspeccionar el cable de elevación.
- Engrasar dientes, rodamientos y puntos de fricción.
- Verificar niveles de aceite o estado de grasas de los reductores de elevación y traslación.
- Examinar el desgaste de los elementos de freno.
- Comprobar colocación, estado y apriete de grapas.
- Comprobar regulaciones limitador de carga máxima.

Además se ha de comprobar el apriete de tornillos y tuercas de fijación de los distintos elementos y el estado de soldaduras de forma anual.

9.1.3. Mantenimiento de los frenos

En los frenos de elevación se realizarán las diferentes tareas de:

- Verificar que estando con carga máxima, el freno mantenga la posición sin resbalamientos.
- Controlar que no existan juegos anormales y desgastes en los mecanismos de accionamiento.
- El espesor del material antifricción debe tener un espesor que no debe ser inferior a la marca de espesor mínimo que el mismo posee.
- Se ha de realizar una prueba de los frenos con carga (carga de prueba dentro de su rango)

En los frenos de disco se llevarán a cabo los diferentes trabajos:

- Debido al desgaste, la contaminación o la avería es recomendable cambiar las pastillas de freno y en alguna ocasión será obligatorio.
- Comprobar que el depósito de los frenos se encuentra con líquido dentro de los límites máximo y mínimo marcados.
- Comprobar que las tuberías están limpias sin apreciarse fugas, que las zapatas y las pastillas están ajustadas y sin desgastar.
- Comprobar que el dispositivo de accionamiento de freno es el correcto y su eficacia. Un recorrido grande significa alargamiento de los cables o desgaste de las zapatas.

9.2. Mantenimiento eléctrico

9.2.1. Mantenimiento de los motores

Una carga excesiva puede llevar rápidamente a un fallo en el motor, un cambio de carga o en el acoplamiento de accionamiento, se manifestará como una sobrecarga en el motor. Los rodamientos comenzarán a fallar, los engranes están expuestos a presentar fallas en sus dientes o bien se presentará algún otro tipo de fricción que se manifiesta como sobrecarga. Cuando se presenta una sobrecarga, el motor demanda más corriente, lo cual incrementa la temperatura del mismo, reduciendo la vida del aislamiento.

Los problemas en rodamientos son una de las causas más comunes de fallo en los motores, también la alineación errónea de éstos y la carga, malos acoplamientos, o bien errores en la aplicación de engranes o piñones, son causa de fallos mecánicos. Por otro lado se debe de hacer un correcto balanceo dinámico para evitar problemas de vibraciones.

Así mismo, una incorrecta alimentación del voltaje al motor, puede reducir la vida o causar un fallo rápido si la desviación del voltaje es excesiva. Un voltaje bajo soporta una corriente mayor a la normal. Si el voltaje decrece en una forma brusca se presenta una corriente excesiva que sobrecalienta el motor.

Para la buena lubricación se debe utilizar el aceite o grasa recomendado en la cantidad correcta. Los distribuidores de lubricante pueden ayudar si hay un problema en el grado del lubricante, y, en especial, para los cojinetes que necesitan lubricantes para altas temperaturas.

Hay que quitar o expulsar toda la grasa vieja antes o durante la aplicación de la grasa nueva. El espacio total para la grasa se debe llenar al 50% de su capacidad para evitar el sobrecalentamiento por el batido excesivo.

Para los cojinetes lubricados con aceite, suele ser suficiente un aceite para máquina de buena calidad. Hay que comprobar el nivel y la libre rotación de los anillos después de poner en marcha el motor.

Hay que comprobar el funcionamiento de los motores de elevación y desplazamiento, revisando cajas de conexión, limpiando rejillas o elementos de refrigeración, lubricando las partes mecánicas que tengan movimientos, etc.

Se deberá arrancar y parar los distintos motores eléctricos y comprobar la respuesta de los mandos que accionan los distintos movimientos.

Comprobar anclajes y amarres del motor y reductor, así como su alineación, reapretando los tornillos si fuera necesario, para evitar vibraciones y alargar la vida de sus rodamientos.

Identificar las amplitudes predominantes de las vibraciones detectadas, la determinación de las causas de la vibración, y la corrección del problema que ellas representan. Las consecuencias de las vibraciones mecánicas son el aumento de los esfuerzos y las tensiones, pérdidas de energía, desgaste de materiales, y las más temidas: daños por fatiga de los materiales, además de ruidos molestos en el ambiente laboral, etc.

En los motores CC comprobar el estado de las escobillas, y sustituirlas si están desgastadas y revisar los filtros. Revisar también los aislamientos del motor.

Revisar sondas de temperatura, comprobar que la resistencia calorífica caliente para que no se creen humedades.

Comprobar con un meguer el estado del estator (excitación) y del rotor (inducido), a fin de comprobar que la resistencia del bobinado es la correcta y que no hay fugas eléctricas a tierra ni comunicación eléctrica entre la excitación y el inducido.

Para engrasar los motores se deberá desconectar eléctricamente el motor, excitación, rotor y resistencias de caldeo, seguidamente quitar las tapas del motor que dan acceso al colector y a la parte trasera del motor, retirar la grasa en los sitios donde se haya acumulado con un trapo o similar, a continuación limpiar el colector con líquido desengrasante así como el resto del motor, engrasar ambos rodamientos, y por último dejar secar, megear el motor, anotando el valor en una hoja de mantenimiento preventivo y una vez ya engrasados probar funcionamiento.

En los motores de CA se revisará las sondas de temperatura y que la resistencia calorífica caliente.

Efectuar limpieza integral de las superficies externas e internas.



Figura 72. Mantenimiento de una grúa.

Resistencia rotóricas

Habitualmente las resistencias van en cuadros enrejados. Se ve de forma visual si están calcinadas.

Sopletear resistencias de frenado de movimientos de traslación de carro y traslación de puente

Sopletear resistencias rotóricas de motor de izaje.

Control de motores

Controlar colector:

- Controlar estado de escobillas, su largo debe ser mayor al mínimo demarcado en la misma por el fabricante. No se deben observar rayas en la superficie de contacto, debe desplazarse libremente en su alojamiento.
- Controlar estado de resortes y su posición en el alojamiento
- Controlar estado de anillos rozantes, formación de pátina y ausencia de rayas superficiales
- Realizar limpieza por medio de aire filtrado.

Controlar dínamo tacométrica:

- Retirar tapas de colector.
- Controlar estado de escobillas, su largo debe ser como mínimo el 50% del original. No se deben observar rayas en su superficie de contacto. Debe desplazarse libremente en su alojamiento.
- Controlar estado de resortes y su posición en los alojamientos.
- Controlar estado de colector, formación de pátina y ausencia de rayas superficiales.
- Repasar ajuste de terminales o conectores.
- Sopletear con aire filtrado

- Controlar ajuste de acople elástico mecánico con el eje del motor.

9.2.2. Controles

Antes de que entre en funcionamiento la grúa, hay que rearmar los relés térmicos de los motores para que salten en caso de sobrecarga del motor y paren la maniobra.

Se realiza la maniobra de los puntos cero (accionado de palanca de control), verificación física. Al accionar el pulsador de marcha, arranca el contactor general, después de estar todos los contactos a cero.

9.2.3. Mandos de control

Controlar el estado y funcionamiento de botoneras, manipuladores, indicadores luminosos y llaves de contacto. En caso de encontrar piezas deterioradas reemplazarlas. Comprobar cable y la estanqueidad de su carcasa.

9.2.4. Limitadores fin de carrera y carga

Comprobar limitadores de fin de carrera de elevación, traslación de carro y traslación de pórtico, tanto su funcionamiento eléctrico como sus soportes con una periodicidad mensual.

Se realiza una inspección visual, donde se comprueba si están rotas las palancas de accionamiento y se verifica si funcionan eléctricamente mediante maniobra.

- Accionar todos los límites de carrera de a uno y verificar que produzcan el efecto deseado.
- Verificar y, de ser necesario ajustar, los tornillos de fijación y de las palancas accionadoras de los límites de carrera.
- Verificar y ajustar de ser necesario los topes fijos de accionamiento de los límites de carrera, tanto los que se encuentran fuera de la grúa como los que se encuentran a bordo de la misma.

9.2.5. Cuadros maniobra-fuerza y protección

Se verifica el estado general del cuadro y se comprueban los contactos de los contactores. Si están gastados, se liján o se reponen.

9.2.6. Relés Térmicos

- Se fuerza la maniobra del relé térmico para saber si corta dicha maniobra.
- Se saca el relé y la activación de las sondas de temperatura del motor tiene que cortar la maniobra.

9.2.8. Mantenimiento eléctrico general

- Comprobar cuadro eléctrico: anclaje y estado de armarios de aparellaje y cierre de puertas, limpieza interior; revisar conexiones de conectores, interruptores, contactores, relés, etc. Realizar con una periodicidad mensual.
- Comprobar estado de las cajas de conexión con una periodicidad mensual.
- Revisar estado de los elementos móviles de alimentación eléctrica cada mes.
- Comprobar la presión de los tomacorrientes con una periodicidad trimestral o semestral.
- Comprobar estado de las conexiones en general cada semestre.
- Revisar empalmes y sujeción de línea a alimentación con una periodicidad semestral.
- Comprobar y rectificar el sistema de alumbrado y señalización de la grúa, manteniendo óptimo el coeficiente de conservación proyectado.
- Revisión de los sistemas de puesta a tierra
- Revisión de centros de transformación.

9.3. Mantenimiento del sistema hidráulico

- Verificar los niveles del circuito hidráulico y reponer en su caso.
- Comprobar que no existan fugas en el circuito hidráulico.
- Revisar el estado de los filtros.
- Analizar el estado del aceite.
- Comprobar que no existan ruidos en bombas.
- Verificar el consumo eléctrico, caudales, presiones,

9.4. Mantenimiento de los diferentes elementos

9.4.1. Mantenimiento del spreader

- Realizar la verificación de deformaciones, grietas, desgaste y corrosión de la estructura y de los mecanismos (flippers, Twist-locks...)
- Además comprobar los dispositivos de seguridad para evitar la caída de la carga (Twist-locks, flippers, palpadores, sistema twin, headblock, conexión umbilical, PLC, relés...).
- Comprobar lámparas de señalización, finales de carrera, sistema de telescopaje.
- Realizar ensayos no destructivos en la estructura y sus componentes para encontrar posibles grietas.

9.4.2. Mantenimiento de las poleas:

- Verificar si el diámetro de la polea corresponde al cable y si el diámetro garganta es el apropiado, además la garganta de la polea debe ser lisa y no presentar en su superficie defectos que podrían causar desgastes de las cuerdas.
- Comprobar que los rodamientos estén bien y engrasarlos si es necesario.

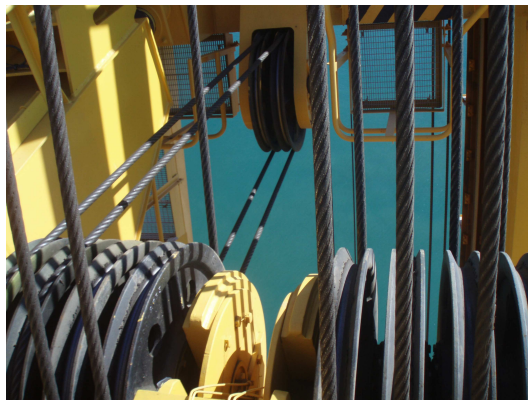


Figura 73. Poleas del mecanismo de izado de la pluma.

9.4.3. Mantenimiento de los cables

- Se deberá verificar la naturaleza y número de los alambres rotos, desgaste debido al rozamiento, picaduras por corrosión, pinzamientos, aflojamiento de la

capa exterior de alambres y otros cambios en la construcción del cable. No debe observarse óxido.

- Se comprobará la protección para evitar que el cable salga de sus guías y el estado del anclaje del cable.
- Periódicamente se realizarán inspecciones visuales del cable y semanalmente se efectuarán comprobaciones del estado de lubricación del cable y se lubricará si es necesario.
- Si el cable se debe cambiar debido a su desgaste se empleará todo el día, es decir, 24h para proceder al trabajo, ya que es un trabajo muy laborioso.

9.4.4. Mantenimiento de los tambores

- Comprobar a diario el estado general, la fijación, la guía y el buen enrollamiento del cable de tracción en el tambor. No ha de haber desorden en el tambor del cable y que las espiras han de estar juntas y sobre todo no cruzarse.
- En caso de mal enrollamiento, desenrolle totalmente el cable y vuelva a enrollarlo juntando las espiras. Esto es muy importante para evitar el desgaste prematuro del cable.
- El cable ha de ser cambiado imperativamente si presenta desgarros o aplastamientos.
- Ningún ruido o vibración anormal en los extremos de apoyo.
- Cable correctamente arrollado sobre los canales
- Verificar existencia de lubricación.
- Verificar si el diámetro del tambor es el apropiado.
- Si el diámetro de las ranuras es el que corresponde.
- Angulo de desviación lateral.
- Reapretar presillas de fijación del cable, tambores.

9.4.5. Mantenimiento de las ruedas

- Comprobar el desgaste de las ruedas.
- Comprobar el juego libre de las pestañas de los carriles.
- Comprobación de las protecciones de mecanismos (engranajes, acoplamientos, etc).
- Comprobación de cables y ganchos.
- Comprobación de defectos (corrosiones, cocas, desgastes, etc.).
- Comprobar el punto de fijación del cable.
- Lubricación (según normas del fabricante).
- Engrasar rodamientos de cuatro ruedas de la traslación del carro
- Comprobar el estado de los grafitos que disminuye el rozamiento entre la rueda y la guía, de forma trimestral o semestralmente.

10. Programa de mantenimiento

En la tabla siguiente se recogen las operaciones esenciales de mantenimiento preventivo que, en todo caso, deben realizarse por personal especializado, además se detalla la duración y periodicidad del trabajo a realizar.

10.1. Programa de mantenimiento de la estructura

| Mantenimiento preventivo | Duración | Periodicidad |
|---------------------------------|----------|--------------|
| E1. Inspección de la estructura | 120 min | Trimestral |
| E2. Tornillos y tuercas | 960 min | Trimestral |
| E3. Fatiga | 120 min | Trimestral |
| E4. Grietas | 180 min | Trimestral |
| E5. Pintura | 120 min | Trimestral |

Figura 74. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de la estructura.

Las inspecciones y comprobaciones de la estructura se realizaran de forma visual.

10.2. Programa de mantenimiento de la caseta de maquinaria

| Mantenimiento preventivo | Duración | Periodicidad |
|-----------------------------|----------|--------------|
| Elementos mecánicos | | |
| CM1. Sistema de ventilación | 30 min | Mensual |
| CM2. Compresores | 60 min | Trimestral |
| Elementos eléctricos | | |
| CM3. Sistema de ventilación | 30 min | Mensual |
| CM4. Transformadores | | Mensual |

Figura 75. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de la caseta de maquinaria.

10.3. Programa de mantenimiento de la cabina

| Mantenimiento preventivo | Duración | Periodicidad |
|-----------------------------|----------|--------------|
| C1. Elementos mecánicos | 15 min | Mensual |
| C2. Elementos eléctricos | 30 min | Mensual |
| C3. Suspensión de la cabina | 30 min | Trimestral |

Figura 76. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de la cabina.

10.4. Programa de mantenimiento de varios elementos

| Mantenimiento preventivo | Duración | Periodicidad |
|--------------------------------------|----------|--------------|
| Ascensor | | |
| V1. Elementos mecánicos y eléctricos | 15 min | Semanal |
| Sistema de alarma de incendio | | |
| V2. Elementos eléctricos | 30 min | Trimestral |
| Spreaders | | |
| V3. Elementos mecánicos y eléctricos | 120 min | Semanal |

Figura 77. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de varios elementos.

10.5. Programa de mantenimiento del mecanismo de elevación

| Mantenimiento preventivo | Duración | Periodicidad |
|--|-----------------|---------------------|
| Elementos mecánicos | | |
| ME1. Reductores/transmisiones | 30 min | Semanal |
| ME2. Acoplamientos | 15 min | Mensual |
| ME3. Frenos | 60 min | Semanal |
| ME4. Elementos de prevención de sobre carga | 15 min | Mensual |
| ME5. Cables | 30 min | Semanal |
| ME6. Tambores de cable | 15 min | Mensual |
| ME7. Guías | 15 min | Semanal |
| ME8. Poleas | 15 min | Semanal |
| ME9. Sistema antibalanceo | 30 min | Semanal |
| ME10. Sistema de nivelación del spreader | 30 min | Semanal |
| Elementos eléctricos | | |
| ME11. Motores y partes eléctricas | 120 min | Semanal |
| ME12. Elementos de prevención de sobre carga | 45 min | Mensual |
| ME13. Sistema antibalanceo | 30 min | Semanal |
| ME14. Sistema de nivelación del spreader | 30 min | Semanal |

Figura 78. Tabla del programa de mantenimiento preventivo del mecanismo de elevación.

10.6. Programa de mantenimiento del mecanismo de traslación del carro

| Mantenimiento preventivo | Duración | Periodicidad |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|
| Elementos mecánicos | | |
| MT1. Reductores/transmisiones | 30 min | Semanal |
| MT2. Acoplamientos | 15 min | Semanal |
| MT3. Frenos | 60 min | Semanal |
| MT4. Ruedas y raíles | 15 min | Mensual |
| MT5. Cables | 30 min | Semanal |
| MT6. Tambores de cable | 15 min | Mensual |
| MT7. Guías | 15 min | Semanal |
| MT8. Poleas | 15 min | Semanal |
| Elementos eléctricos | | |
| MT9. Motores y elementos eléctricos | 120 min | Semanal |

Figura 79. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de mecanismo de traslación del carro.

10.7. Programa de mantenimiento del mecanismo de traslación del pórtico

| Mantenimiento preventivo | Duración | Periodicidad |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|
| Elementos mecánicos | | |
| MP1. Reductores/transmisiones | 30 min | Semanal |
| MP2. Acoplamientos | 15 min | Semanal |
| MP3. Frenos | 60 min | Mensual |
| MP4. Ruedas | 30 min | Mensual |
| MP5. Carriles | 15 min | Trimestral |
| MP7. Dispositivo de anclaje | 15 min | Trimestral |
| Elementos eléctricos | | |
| MP8. Motores y elementos eléctricos | 45 min | Semanal |

Figura 80. Tabla del programa de mantenimiento preventivo del mecanismo de traslación del pórtico.

10.8. Programa de mantenimiento del mecanismo de izado de la pluma

| Mantenimiento preventivo | Duración | Periodicidad |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|
| Elementos mecánicos | | |
| MI1. Reductores/transmisiones | 30 min | Semanal |
| MI2. Acoplamientos | 15 min | Semanal |
| MI3. Frenos | 60 min | Semanal |
| MI4. Freno de emergencia | 60 min | Semanal |
| MI5. Cables | 30 min | Mensual |
| MI6. Tambores de cable | 15 min | Mensual |
| MI7. Poleas | 15 min | Mensual |
| MI8. Pestillo de la pluma | 30 min | Mensual |
| Elementos eléctricos | | |
| MI9. Motores y elementos eléctricos | 120 min | Semanal |

Figura 81. Tabla del programa de mantenimiento preventivo del mecanismo de izado de la pluma.

10.9. Programa de mantenimiento de lubricación

Se deberá efectuar la limpieza y engrase de los componentes fijos y móviles de los siguientes elementos con la frecuencia indicada, este trabajo se realizará por lo general cuando se realicen las revisiones de dichos elementos.

| Mantenimiento preventivo | Periodicidad |
|---|----------------------|
| Mecanismo de elevación | |
| L1. Reductores/transmisiones | Cuando sea necesario |
| L2. Acoplamientos | Mensual |
| L3. Frenos | Semanal |
| L4. Elementos de prevención de sobre carga | Mensual |
| L5. Cables | Mensual |
| L6. Tambores de cable | Mensual |
| L7. Guías | Semanal |
| L8. Poleas | Trimestral |
| L1. Motores y partes eléctricas | Trimestral |
| L9. Sistema de nivelación del spreader | Cuando sea necesario |
| Mecanismo de traslación del carro | |
| L10. Caja de cambios | Cuando sea necesario |
| L11. Acoplamientos | Mensual |
| L12. Frenos | Semanal |
| L13. Ruedas y raíles | Trimestral |
| L14. Cables | Mensual |
| L15. Tambores de cable | Mensual |
| L16. Guías | Semanal |
| L17. Poleas | Trimestral |
| L18. Motores y elementos eléctricos del carro | Trimestral |
| Mecanismo de traslación del pórtico | |
| L19. Caja de cambios | Cuando sea necesario |
| L20. Acoplamientos | Mensual |

| Mantenimiento preventivo | Periodicidad |
|---|----------------------|
| L21. Frenos | Mensual |
| L22. Ruedas | Trimestral |
| L23. Amortiguadores | Trimestral |
| L24. Dispositivo de anclaje | Trimestral |
| L25. Motores y partes eléctricas | Trimestral |
| Mecanismo de izado de la pluma | |
| L26. Caja de cambios | Cuando sea necesario |
| L26. Acoplamientos | Mensual |
| L27. Frenos | Mensual |
| L28. Freno de emergencia | Mensual |
| L29. Cables | Trimestral |
| L30. Tambores de cable | Trimestral |
| L31. Poleas | Trimestral |
| L32. Pestillo de la pluma | Mensual |
| L33. Motores y elementos eléctricos | Trimestral |
| L34. Spreaders | Semanal |
| Caseta de maquinaria | |
| L35. Sistema de ventilación y calefacción | Mensual |
| Ascensor | |
| L36. Cables | Mensual |

Figura 82. Tabla del programa de mantenimiento preventivo de la lubricación de los componentes de la grúa.

La primera vez que se ha de cambiar el aceite de las cajas de cambios es aproximadamente después de haber trabajado unas 500 horas. Comprobar de forma cuidadosa si se ha utilizado aceite mineral o sintético en las cajas de cambios y seguir las guías que el fabricante ha dado.

11. Planificación del mantenimiento

11.1. Distribución de los trabajos a realizar por unidad según su periodicidad:

| Semanal | |
|-----------|--------------|
| Tarea | Duración p/u |
| V1 | 15 min |
| V3 | 120 min |
| ME3 | 60 min |
| ME5 | 30 min |
| ME7 | 15 min |
| ME8 | 15 min |
| ME9 | 30 min |
| ME10 | 30 min |
| ME11 | 120 min |
| ME13 | 30 min |
| ME14 | 30 min |
| MT3 | 60 min |
| MT5 | 30 min |
| MT7 | 15 min |
| MT8 | 15 min |
| MT9 | 120 min |
| MP8 | 45 min |
| MI3 | 60 min |
| MI4 | 60 min |
| MI9 | 120 min |
| MI1 | 30 min |
| MI2 | 15 min |
| MP1 | 30 min |
| MP2 | 15 min |
| MT1 | 30 min |
| MT2 | 15 min |
| ME1 | 30 min |
| ME2 | 15 min |
| Sumatorio | 1200 min |

| Mensual | |
|-----------|--------------|
| Tarea | Duración p/u |
| CM1 | 30 min |
| CM3 | 30 min |
| C1 | 15 min |
| C2 | 30 min |
| ME4 | 15 min |
| ME6 | 15 min |
| M12 | 45 min |
| MT4 | 15 min |
| MT6 | 15 min |
| MP3 | 60 min |
| MP4 | 30 min |
| MI5 | 30 min |
| MI6 | 15 min |
| MI7 | 15 min |
| MI8 | 30 min |
| Sumatorio | 390 min |

| Trimestral | |
|------------|--------------|
| Tarea | Duración p/u |
| C3 | 30 min |
| V2 | 30 min |
| MP5 | 15 min |
| MP7 | 15 min |
| E1 | 120 min |
| E2 | 720 min |
| E3 | 120 min |
| E4 | 180 min |
| E5 | 120 min |
| CM2 | 60 min |
| Sumatorio | 1410 min |

Son propuestas estándar que deberán adaptarse a la evolución del estado de los elementos, las especificaciones y componentes de cada tipo de grúa.

11.2. Distribución de la carga de trabajos semanal, mensual y trimestral según los elemento de los cuales esta compuesta la grúa:

Especificación de la grúa:

- 4 motores CC de traslación del carro con sus respectivos reductores.
- 2 motores CC de elevación con sus respectivos reductores.
- 16 motores CC de traslación del pórtico con sus respectivos reductores.
- 1 motor CC de izado de la pluma con su respectivo reductores.

Los motores auxiliares de emergencia serán inspeccionados una vez hayan sido utilizados.

| Semanal | |
|-----------|--------------|
| Tarea | Duración min |
| V1 | 15 |
| V3 | 120 |
| ME3 | 60 |
| ME5 | 30 |
| ME7 | 15 |
| ME8 | 15 |
| ME9 | 30 |
| ME10 | 30 |
| ME11 | 240 |
| ME13 | 30 |
| ME14 | 30 |
| MT3 | 60 |
| MT5 | 30 |
| MT7 | 15 |
| MT8 | 15 |
| MT9 | 480 |
| MP8 | 720 |
| MI3 | 60 |
| MI4 | 60 |
| MI9 | 120 |
| MI1 | 30 |
| MI2 | 15 |
| MP1 | 480 |
| MP2 | 15 |
| MT1 | 120 |
| MT2 | 15 |
| ME1 | 60 |
| ME2 | 15 |
| Sumatorio | 2925 min |

| Mensual | |
|-----------|--------------|
| Tarea | Duración min |
| CM1 | 30 |
| CM3 | 30 |
| C1 | 15 |
| C2 | 30 |
| ME4 | 15 |
| ME6 | 15 |
| M12 | 45 |
| MT4 | 15 |
| MT6 | 15 |
| MP3 | 60 |
| MP4 | 30 |
| MI5 | 30 |
| MI6 | 15 |
| MI7 | 15 |
| MI8 | 30 |
| Sumatorio | 390 min |

| Trimestral | |
|------------|--------------|
| Tarea | Duración min |
| C3 | 30 |
| V2 | 30 |
| MP5 | 15 |
| MP7 | 15 |
| E1 | 120 |
| E2 | 720 |
| E3 | 120 |
| E4 | 180 |
| E5 | 120 |
| CM2 | 60 |
| Sumatorio | 1410 min |

Distribución de los trabajos semanales por días:

Hay trabajos que se han tenido que dividir debido a su larga duración para poder conseguir un equilibrio entre los diferentes días. Es el caso del trabajo MP8, que tiene una duración de 760 min., así que se ha dividido en dos trabajos de 360 min. cada uno donde se revisaran 8 motores de traslación del pórtico en cada trabajo.

| | | | | | | | | | |
|-------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | | | MP2 | 15 |
| | | | | | | | | MI1 | 30 |
| | | | | | | | | MI2 | 15 |
| | | MP8 | 360 | | | | | V1 | 15 |
| | | ME13 | 30 | | | | | MT2 | 15 |
| | | ME14 | 30 | ME5 | 30 | | | ME1 | 60 |
| | | MT3 | 60 | ME7 | 30 | | | ME2 | 15 |
| | | MT5 | 30 | ME9 | 30 | | | MI3 | 60 |
| | | MT7 | 15 | ME10 | 30 | | | MI4 | 60 |
| MP1 | 480 | MT8 | 15 | MI9 | 120 | MT1 | 120 | ME8 | 15 |
| V3 | 120 | ME3 | 60 | MP8 | 360 | MT9 | 480 | ME11 | 240 |
| Lunes | 600 | Martes | 600 | Miércoles | 600 | Jueves | 600 | Viernes | 540 |

| | |
|--------|--|
| SEMANA | |
|--------|--|

Distribución de los trabajos mensuales por semanas:

| | | | | | | | |
|----------|----|----------|-----|----------|----|----------|-----|
| | | MI7 | 15 | | | | |
| MT4 | 15 | MP4 | 30 | | | | |
| MT6 | 15 | C1 | 15 | MI5 | 30 | MP3 | 60 |
| CM1 | 30 | C2 | 30 | ME6 | 15 | MI8 | 30 |
| CM3 | 30 | ME4 | 15 | M12 | 45 | MI6 | 15 |
| Semana 1 | 90 | Semana 2 | 105 | Semana 3 | 90 | Semana 4 | 105 |

| |
|-----|
| MES |
|-----|

Distribución de los trabajos trimestrales por meses:

| | | | | | |
|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | | MP5 | 15 | | |
| C3 | 30 | MP7 | 15 | | |
| V2 | 30 | E5 | 120 | E1 | 120 |
| E4 | 180 | CM2 | 60 | E3 | 120 |
| E2.1 | 230 | E2.2 | 260 | E2.3 | 230 |
| Mes 1 | 470 | Mes 2 | 470 | Mes 3 | 470 |

| TRIMESTRE | |

| MES 1 | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|--------|---------|-----|
| | | | | | | | E2.1.1 | 115 | |
| | | | | | | | MP2 | 15 | |
| | | | | | | | MI1 | 30 | |
| | | | | | | | MI2 | 15 | |
| | | | | | | | V1 | 15 | |
| | | | | | | | MT2 | 15 | |
| | | | | | | | ME1 | 60 | |
| | | | | | | | ME2 | 15 | |
| | | | | | | | MI3 | 60 | |
| | | | | | | | MI4 | 60 | |
| | | | | | | | ME8 | 15 | |
| | | | | | | | ME11 | 240 | |
| MT4 | 15 | MT7 | 15 | ME10 | 30 | CM3 | 30 | | |
| MP1 | 480 | MT8 | 15 | MI9 | 120 | MT1 | 120 | | |
| V3 | 120 | ME3 | 60 | MP8 | 360 | MT9 | 480 | | |
| Lunes | 615 | Martes | 615 | Miércoles | 630 | Jueves | 630 | Viernes | 655 |
| SEMANA 1 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|------|---------|-----|
| | | | | | | | C3 | 30 | |
| | | | | | | | V2 | 30 | |
| | | | | | | | MP2 | 15 | |
| | | | | | | | MI1 | 30 | |
| | | | | | | | MI2 | 15 | |
| | | | | | | | V1 | 15 | |
| | | | | | | | MT2 | 15 | |
| | | | | | | | ME1 | 60 | |
| | | | | | | | ME2 | 15 | |
| | | | | | | | MI3 | 60 | |
| | | | | | | | MI4 | 60 | |
| | | | | | | | ME8 | 15 | |
| | | | | | | | ME11 | 240 | |
| MP4 | 30 | | | | | | | | |
| MP8 | 360 | | | | | | | | |
| ME13 | 30 | C1 | 15 | | | | | | |
| ME14 | 30 | ME5 | 30 | | | | | | |
| MT3 | 60 | ME7 | 30 | | | | | | |
| MT5 | 30 | ME9 | 30 | | | | | | |
| MI7 | 15 | MT7 | 15 | ME10 | 30 | C2 | 30 | | |
| MP1 | 480 | MT8 | 15 | MI9 | 120 | MT1 | 120 | | |
| V3 | 120 | ME3 | 60 | MP8 | 360 | MT9 | 480 | | |
| Lunes | 615 | Martes | 630 | Miércoles | 615 | Jueves | 630 | Viernes | 600 |
| SEMANA 2 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|--------|---------|-----|
| | | | | | | | E2.1.2 | 115 | |
| | | | | | | | MP2 | 15 | |
| | | | | | | | MI1 | 30 | |
| | | | | | | | MI2 | 15 | |
| | | | | | | | V1 | 15 | |
| | | | | | | | MT2 | 15 | |
| | | | | | | | ME1 | 60 | |
| | | | | | | | ME2 | 15 | |
| | | | | | | | MI3 | 60 | |
| | | | | | | | MI4 | 60 | |
| | | | | | | | ME8 | 15 | |
| | | | | | | | ME11 | 240 | |
| ME4 | 15 | | | | | | | | |
| ME6 | 15 | | | | | | | | |
| MP8 | 360 | | | | | | | | |
| ME13 | 30 | M12 | 45 | | | | | | |
| ME14 | 30 | ME5 | 30 | | | | | | |
| MT3 | 60 | ME7 | 30 | | | | | | |
| MT5 | 30 | ME9 | 30 | | | | | | |
| MI5 | 30 | MT7 | 15 | ME10 | 30 | E4.1 | 60 | | |
| MP1 | 480 | MT8 | 15 | MI9 | 120 | MT1 | 120 | | |
| V3 | 120 | ME3 | 60 | MP8 | 360 | MT9 | 480 | | |
| Lunes | 630 | Martes | 630 | Miércoles | 645 | Jueves | 660 | Viernes | 655 |
| SEMANA 3 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|------|---------|-----|
| | | | | | | | E4.3 | 60 | |
| | | | | | | | MP2 | 15 | |
| | | | | | | | MI1 | 30 | |
| | | | | | | | MI2 | 15 | |
| | | | | | | | V1 | 15 | |
| | | | | | | | MT2 | 15 | |
| | | | | | | | ME1 | 60 | |
| | | | | | | | ME2 | 15 | |
| | | | | | | | MI3 | 60 | |
| | | | | | | | MI4 | 60 | |
| | | | | | | | ME8 | 15 | |
| | | | | | | | ME11 | 240 | |
| MI8 | 30 | | | | | | | | |
| MP8 | 360 | | | | | | | | |
| ME13 | 30 | MI6 | 15 | | | | | | |
| ME14 | 30 | ME5 | 30 | | | | | | |
| MT3 | 60 | ME7 | 30 | | | | | | |
| MT5 | 30 | ME9 | 30 | | | | | | |
| MP3 | 60 | MT7 | 15 | ME10 | 30 | E4.2 | 60 | | |
| MP1 | 480 | MT8 | 15 | MI9 | 120 | MT1 | 120 | | |
| V3 | 120 | ME3 | 60 | MP8 | 360 | MT9 | 480 | | |
| Lunes | 660 | Martes | 630 | Miércoles | 615 | Jueves | 660 | Viernes | 600 |
| SEMANA 4 | | | | | | | | | |

MES 2

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | | | E2.2.1 | 120 |
| | | | | | | | | MP2 | 15 |
| | | | | | | | | MI1 | 30 |
| | | | | | | | | MI2 | 15 |
| | | | | | | | | V1 | 15 |
| | | | | | | | | MT2 | 15 |
| | | | | | | | | ME1 | 60 |
| | | | | | | | | ME2 | 15 |
| | | | | | | | | MI3 | 60 |
| | | | | | | | | MI4 | 60 |
| | | | | | | | | ME8 | 15 |
| | | | | | | | | ME11 | 240 |
| Lunes | 630 | Martes | 615 | Miércoles | 630 | Jueves | 630 | Viernes | 660 |
| SEMANA 5 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | | | MP2 | 15 |
| | | | | | | | | MI1 | 30 |
| | | | | | | | | MI2 | 15 |
| | | | | | | | | V1 | 15 |
| | | | | | | | | MT2 | 15 |
| | | | | | | | | ME1 | 60 |
| | | | | | | | | ME2 | 15 |
| | | | | | | | | MI3 | 60 |
| | | | | | | | | MI4 | 60 |
| | | | | | | | | ME8 | 15 |
| | | | | | | | | ME11 | 240 |
| Lunes | 615 | Martes | 630 | Miércoles | 615 | Jueves | 630 | Viernes | 540 |
| SEMANA 6 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | | | E2.2.3 | 60 |
| | | | | | | | | CM2 | 60 |
| | | | | | | | | MP2 | 15 |
| | | | | | | | | MI1 | 30 |
| | | | | | | | | MI2 | 15 |
| | | | | | | | | V1 | 15 |
| | | | | | | | | MT2 | 15 |
| | | | | | | | | ME1 | 60 |
| | | | | | | | | ME2 | 15 |
| | | | | | | | | MI3 | 60 |
| | | | | | | | | MI4 | 60 |
| | | | | | | | | ME8 | 15 |
| | | | | | | | | ME11 | 240 |
| Lunes | 630 | Martes | 630 | Miércoles | 645 | Jueves | 660 | Viernes | 660 |
| SEMANA 7 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | | | E5 | 120 |
| | | | | | | | | MP2 | 15 |
| | | | | | | | | MI1 | 30 |
| | | | | | | | | MI2 | 15 |
| | | | | | | | | V1 | 15 |
| | | | | | | | | MT2 | 15 |
| | | | | | | | | ME1 | 60 |
| | | | | | | | | ME2 | 15 |
| | | | | | | | | MI3 | 60 |
| | | | | | | | | MI4 | 60 |
| | | | | | | | | ME8 | 15 |
| | | | | | | | | ME11 | 240 |
| Lunes | 660 | Martes | 630 | Miércoles | 615 | Jueves | 635 | Viernes | 660 |
| SEMANA 8 | | | | | | | | | |

MES 3

| | | | | | | | | | |
|----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | | | E2.3.2 | 115 |
| | | | | | | | | MP2 | 15 |
| | | | | | | | | MI1 | 30 |
| | | | | | | | | MI2 | 15 |
| | | | | | | | | V1 | 15 |
| | | | | | | | | MT2 | 15 |
| | | | | | | | | ME1 | 60 |
| | | | | | | | | ME2 | 15 |
| | | | | | | | | MI3 | 60 |
| | | | | | | | | MI4 | 60 |
| | | | | | | | | ME8 | 15 |
| | | | | | | | | ME11 | 240 |
| Lunes | 615 | Martes | 615 | Miércoles | 630 | Jueves | 630 | Viernes | 655 |
| SEMANA 9 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | | | E2.3.2 | 115 |
| | | | | | | | | MP2 | 15 |
| | | | | | | | | MI1 | 30 |
| | | | | | | | | MI2 | 15 |
| | | | | | | | | V1 | 15 |
| | | | | | | | | MT2 | 15 |
| | | | | | | | | ME1 | 60 |
| | | | | | | | | ME2 | 15 |
| | | | | | | | | MI3 | 60 |
| | | | | | | | | MI4 | 60 |
| | | | | | | | | ME8 | 15 |
| | | | | | | | | ME11 | 240 |
| Lunes | 615 | Martes | 630 | Miércoles | 615 | Jueves | 630 | Viernes | 655 |
| SEMANA 10 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | | | E3 | 120 |
| | | | | | | | | MP2 | 15 |
| | | | | | | | | MI1 | 30 |
| | | | | | | | | MI2 | 15 |
| | | | | | | | | V1 | 15 |
| | | | | | | | | MT2 | 15 |
| | | | | | | | | ME1 | 60 |
| | | | | | | | | ME2 | 15 |
| | | | | | | | | MI3 | 60 |
| | | | | | | | | MI4 | 60 |
| | | | | | | | | ME8 | 15 |
| | | | | | | | | ME11 | 240 |
| Lunes | 630 | Martes | 630 | Miércoles | 645 | Jueves | 600 | Viernes | 660 |
| SEMANA 11 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----|--------|-----|-----------|-----|--------|-----|---------|-----|
| | | | | | | E1 | 120 | | |
| | | | | | | MP2 | 15 | | |
| | | | | | | MI1 | 30 | | |
| | | | | | | MI2 | 15 | | |
| | | | | | | V1 | 15 | | |
| | | | | | | MT2 | 15 | | |
| | | | | | | ME1 | 60 | | |
| | | | | | | ME2 | 15 | | |
| | | | | | | MI3 | 60 | | |
| | | | | | | MI4 | 60 | | |
| | | | | | | ME8 | 15 | | |
| | | | | | | ME11 | 240 | | |
| MP3 | 60 | MT7 | 15 | ME10 | 30 | MT1 | 120 | ME8 | 15 |
| MP1 | 480 | MT8 | 15 | MI9 | 120 | MT9 | 480 | ME11 | 240 |
| V3 | 120 | ME3 | 60 | MP8 | 360 | | | | |
| Lunes | 660 | Martes | 630 | Miércoles | 615 | Jueves | 600 | Viernes | 660 |
| SEMANA 12 | | | | | | | | | |

Finalmente se ha conseguido obtener una carga máxima de trabajo diaria de 660 min. y mínima de 600 min., para ello se han tenido que dividir varios trabajos trimestrales en diferentes partes, los trabajos E2 y E4 de la estructura se han fraccionado en 3, trabajos en el pórtico, en la viga principal y en la pluma, el trabajo E2 además se ha fraccionado en más partes:

| E2 | | | | | |
|--------|-----|--------|-----|--------|-----|
| E2.1 | | E2.2 | | E2.3 | |
| E2.1.1 | 115 | E2.2.1 | 120 | E2.3.1 | 115 |
| E2.1.2 | 115 | E2.2.2 | 60 | E2.3.2 | 115 |
| | | E2.2.3 | 60 | | |
| | | E2.2.4 | 20 | | |

| E4 | | | | | |
|------|----|------|----|------|----|
| E4.1 | 60 | E4.2 | 60 | E4.3 | 60 |

12. Impacto medioambiental

Se puede entender por impacto ambiental, el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. Las acciones realizadas por los humanos, motivadas por la consecución de diversos fines, provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social. Mientras los efectos perseguidos suelen ser positivos, al menos para quienes promueven la actuación, los efectos secundarios pueden ser positivos y, más a menudo, negativos. La evaluación de impacto ambiental (EIA) es el análisis de las consecuencias predecibles de la acción; y la Declaración de Impacto ambiental (DIA) es la comunicación previa, que las leyes ambientales exigen bajo ciertos supuestos, de las consecuencias ambientales predichas por la evaluación.

El impacto medioambiental de la grúa no es muy relevante, ya que se instala en un puerto que ya está construido pensando en alojar este tipo de equipos, así que la propia grúa no afecta a su entorno más de lo que lo ha hecho la construcción del mismo puerto. En este aspecto no se puede minimizar en impacto medioambiental, pero si se puede hacer en el proceso de construcción, el uso, en el mantenimiento de la misma y sobretodo en el despiece final.

Durante la vida útil de la grúa se realizarán diferentes tareas de mantenimiento que supondrán en cierta medida agresiones para el medio ambiente si no son supervisadas y controladas por un responsable de medio ambiente en cargo de cumplir la normativa ambiental.

Para que la grúa sea lo más sostenible posible, se procura optimizar al máximo los perfiles, con lo cual se ahorrará material y por lo tanto la contaminación para producirlo, ya que se emiten en la producción de planchas y piezas y su tratamiento, gases tóxicos como óxido de nitrógeno y óxidos de azufre. En el proceso de montaje de la grúa en su ubicación final, serán necesarias tareas de soldadura, por lo que también serán considerados los residuos que se generan durante la misma. Se clasificarán adecuadamente todos los materiales sobrantes que sobren en el proceso de construcción, se enviarán a plantas especializadas de tratado de residuos donde pueden ser reciclados o reutilizados. Además todos los componentes eléctricos se deberán de colocar de alta eficiencia energética para reducir así el consumo global de energía.

Hay que tener en cuenta que la mayor parte de la contaminación que se producirá durante la explotación de la grúa será debida a las operaciones de mantenimiento: cambio de lubricante y engrase de las piezas, repintado de la superficie (emisiones tóxicas de pinturas vinílicas), reparaciones donde sea necesaria la intervención de procesos de soldadura, deshecho de pequeñas piezas, etc. Es de gran importancia que para todos estos procesos debe asignarse un responsable que se encargue de aplicar la normativa referente a cada situación.

Finalmente, el aspecto más contaminante se manifiesta en el proceso de despiece final. Reducir el impacto medioambiental en esta situación se centra principalmente en el reciclaje y tratamiento de los restos sólidos. El acero empleado es reciclable, por lo que puede tratarse térmica y químicamente para volverlo a conformar y reutilizar.

13. Conclusiones

En el presente proyecto se ha realizado un estudio sobre la constitución, operativa y mantenimiento de una grúa porta-contenedores.

Se ha elaborado un plan de mantenimiento preventivo en el que se han definido los trabajos a realizar, su duración y periodicidad, además de considerar cómo debe implementarse dicho plan de mantenimiento para que en ningún momento se vea reducida la productividad de la grúa, alargando el tiempo de vida del equipamiento, disminuyendo las paradas y previniendo daños. (Éste plan de mantenimiento deberá adaptarse a la evolución del estado de la grúa y necesidades de utilización).

Ha quedado reflejado en el trabajo que éste tipo de grúas son de vital importancia actualmente en los puertos ya que hay que tener en cuenta la gran cantidad de mercancías que se mueven en container y de ahí la importancia en que se genere el máximo movimiento de barcos en el puerto y así se genera riqueza en él, consiguiéndose básicamente gracias a un buen funcionamiento que garantice un alto rendimiento de las grúas porta-contenedores. Ya que en caso de no hacer correctamente este mantenimiento preventivo causaría posibles pérdidas productivas, y por tanto económicas.

Su importancia para la economía del puerto consiste en varios aspectos; principalmente su tamaño, que dicta el tamaño máximo de buques porta-contenedores que pueden atracar en el puerto y también su productividad, es decir, la cantidad de contenedores que manipulan en una hora, que determina el tiempo de carga o descarga de un buque; puesto que a las navieras les interesa tener el barco en el puerto el mínimo tiempo posible, éstas no dudan en poner rumbo al puerto con mayor capacidad de carga y descarga dentro de su zona de interés.

El mantenimiento de una grúa porta-contenedores es de gran importancia para su funcionamiento, ya que un fallo afectará al rendimiento operativo de la misma, causando demoras en la carga y descarga del buque y desconformidades en las navieras, siendo por ello de extrema importancia adecuarse a las instrucciones de intervención y aplicar rigurosamente los procedimientos y técnicas establecidas en el mantenimiento de grúas, habida cuenta que de acuerdo con la norma UNE 58144-1 de 1997, todos los aparatos de elevación de carga suspendida deben de ser revisados, dependiendo de los tiempos de utilización, condiciones y lugar de utilización siendo esta revisión como mínimo una vez al año, a la vez de que deben respetarse a las normas y elementos de seguridad en la realización de las operaciones de mantenimiento, y colaborando con el departamento de mantenimiento a fin de comunicar de inmediato cualquier incidencia detectada.

Estas revisiones deben ser efectuadas por técnicos especializados que debido a su dedicación y experiencia tengan conocimientos suficientes en el campo de los equipos de

elevación y estén familiarizados suficientemente con los reglamentos correspondientes de forma que les permitan detectar las desviaciones sobre las condiciones normales de funcionamiento, es decir, un personal especialmente formado.

El mal funcionamiento de algunos componentes no causaría simplemente una avería sino que podría causar un accidente, ya que una carga mal enganchada podría dar lugar a la caída del contenedor y poner en peligro la vida de un trabajador. En consecuencia, los componentes que comprometan la seguridad de los trabajadores deberán ser rigurosamente inspeccionados.

La autora considera que el estudio realizado en este proyecto ha puesto en práctica conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Un de los retos que se ha encontrado en este trabajo ha sido la búsqueda de información sobre el mantenimiento de las grúas, ya que es muy escasa.

14. Bibliografía

Libros

- Larrodé, Emilio & Miravete, Antonio, Grúas. 1ª edición. INO Reproducciones S.A. Zaragoza. 1996.
- Ing. J. Verschoof. Cranes; Design, Practice, and Maintenance. 2ª Edition. Londres.
- J. A. López. Grúas: principios y elementos constructivos. 1ª edición. Zaragoza. 1986.
- M. Alexandrov. Aparatos y máquinas de elevación y transporte. 1ª Edición. Editorial Mir. Moscú. 1976.
- Emilio Larrodé & Antonio Miravete. El libro del transporte vertical. Editorial: Servicio de Publicaciones, Centro Politécnico Superior. Universidad de Zaragoza. (1996)
- Jesús Sánchez Criado Instalaciones de transporte. Editorial: Servicio de Publicaciones de la Fundación Escuela de la Edificación. C.O.A.A.T. de Madrid
- Luis Delgado Lallemand & Miguel Socorro Bermúdez. Transportes industriales (Tomo I) Editorial: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. (1993).
- Antonio Miravete y Emilio Larrodé. Transportadores y elevadores. Editorial: Servicio de Publicaciones del Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza.(1996)
- Manuales de formación de grúa pórtico (grúa Pánamax y Post Pánamax) Tomo I y II. Manuales internos de la empresa ESTIBARNA. 2006

Proyectos

- Ortigosa Barragán, Inma. Cálculo de la estructura de una grúa pórtico, para la manipulación de carga de hasta 32T. Director: Rodríguez de Torres, Alejandro . Barcelona. 2007. Facultad de Náutica de Barcelona. Titulación: Ingeniería técnica naval especializada en propulsión y servicios del barco.
- Rivas Hernández, Silvia. Cálculo estructural de nave de astillero de embarcaciones de recreo con grúas puente; Barcelona. 2004. Facultad de Náutica de Barcelona. Titulación: Ingeniería técnica naval especializada en propulsión y servicios del barco.
- Ventura Escrig, Joan. Cálculo estructural de una grúa puente portuaria para contenedores de hasta 45 pies. Director: Rodríguez de Torres, Alejandro. Barcelona 2003. Facultad de Náutica de Barcelona. Titulación: Ingeniería técnica naval especializada en propulsión y servicios del barco.
- Pellicer Breiz; Carles. Cálculo estructural de grúa giratoria de columna fija en puerto deportivo. Director: Rodríguez de Torres, Alejandro. Barcelona. 2003. Facultad de Náutica de Barcelona. Titulación: Ingeniería técnica naval especializada en propulsión y servicios del barco.
- Abolafia Martos, Sonia y Gestí Fàbrega, Clara. Cálculo de la estructura de una grúa pluma para embarcaciones de hasta 20 toneladas. Director: Yebra Folgueral, Daniel. Barcelona. 2006. Facultad de Náutica de Barcelona. Titulación: Ingeniería técnica naval especializada en propulsión y servicios del barco.
- Portabella Cilveti, José Manuel. Cálculo de la estructura de una grúa de columna con pescante giratorio para la elevación de cesta para mantenimiento de silo portuario. Barcelona. 2000. Facultad de Náutica de Barcelona.
- Sáenz Bonilla, Daniel; Pont Grua per al transport de ferro líquid. Director: Bigordà Peiró, Jacint. Barcelona. 2005. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

Páginas Web

- <http://www.paceco.es/>. Octubre 2008.
- <http://www.fantuzzi-iberia.com/>. Octubre 2008.
- http://www.gruptcb.com/web/gruptcb/grupre_e.htm. Octubre 2008.
- <http://www.estibarna.es/>. Octubre 2008.
- http://www.tercat.es/contenido/grupo_mestre.php. Octubre 2008.
- <http://www.solomantenimiento.com/>. Noviembre 2008.
- <http://www.cranepartnerltd.com/>. Octubre 2008.
- http://www.hoistiberica.com/down/Cuaderno_mantenimiento_MAXIAL_445.pdf.
Noviembre 2008.
- <http://www.aparejos-puentegrúa.com.ar/PGruaM.htm>. Diciembre 2008.
- <http://www.monografias.com/trabajos55/mantenimiento-puente-grúa/mantenimiento-puente-grúa2.shtml>. Diciembre 2008.
- <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=2006136620>. Noviembre 2008.
- <http://www.toolingu.com/definition-851135-33095-mantenimiento-preventivo.html>. Diciembre 2008.
- <http://www.siglobal.org/espanol/divportuaria-seccion.php?sec=1>. Noviembre 2008.
- <http://www.cnrt.gov.ar/nefa/FAT%203004.html>. Noviembre 2008.
- <http://consultationconnection.org/oti/Construction/Sample%20PowerPoint%20Presentations/Gruas.ppt#326,40,GRÚAS>. Noviembre 2008.
- <http://www.cranemgt.com/PT09.035.pdf>. Noviembre 2008.
- <http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Manual-de-Mantenimiento-Preventivo-Planificado.pdf>. Noviembre 2008.
- <http://www.monografias.com/trabajos17/mantenimiento-predictivo/mantenimiento-predictivo.shtml#METODOL>. Noviembre 2008.
- <http://www.scribd.com/doc/2448049/Manualdemotoreselectricos>. Noviembre 08.

- http://www.bricopage.com/como_se_hace/automovil/frenos.htm. Noviembre 08.
- <http://www.hayesdiscbrake.com/pdf/45-14550DSpanishForWeb>. Noviembre 08.
- <http://www.portvision.eu/BrowseKb.aspx?groups=22>. Diciembre 2008.
- <http://www.canonistas.com/foros/urbana-rural-y-arquitectura/78544-grua-portainer-13-fotos-unidas.html>. Diciembre 2008.
- <http://www.deerparkeng.com.au/cranes.htm>. Diciembre 2008.
- http://www.konecranes.com/attachments/brochures/sts_low.pdf. Octubre 2008.
- <http://www.kalmarind.com/show.php?id=1020817>. . Octubre 2008.
- www.zpmc.com
- <http://www.oepb.org/index.php?id=37>. Enero 2009.
- <http://frikingenieria.wordpress.com/2008/01/14/gruas-portainers/>. Octubre 2008.
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada> Octubre. 2008.
- <http://www.kruger-hispana.com/imagenes/instalaciones/instalacion-psa-trastainer.jpg>. Enero 2009.
- <http://robotica.uv.es/LSYM/main.php>. Octubre 2008.
- <http://www.youtube.com/watch?v=Wuc2JVJ0Wxg>. Enero 2009.
- <http://straddlecarrier.com/>. Octubre 2008.
- <http://frikingenieria.wordpress.com/2008/03/03/visita-a-las-portainer-de-valencia/>. Enero 2009
- <http://www.medes-sl.com/maersk.htm>. Enero 2009

Anexos

A1. Tabla características técnicas de las grúas puente del puerto de Barcelona

A2. Planificación trimestral de mantenimiento

A3. Sistema de mecanismo de elevación doble (Twin 40' Quayside Container Crane)

A4. Sistema de mecanismo de doble carro (Double Trolley Quayside Container Crane)

A5. Sistema de mecanismo de doble carro y elevación doble

A6. Fotografías

A6.1. Terminales

A6.2. Grúas porta-contenedores

A6.3. Transporte de grúas porta-contenedores por ZPMC.

A6.4. LIFT ZPMC

A6.5. Visibilidad del operario

A6.6. Plumas

A6.7. Cabina

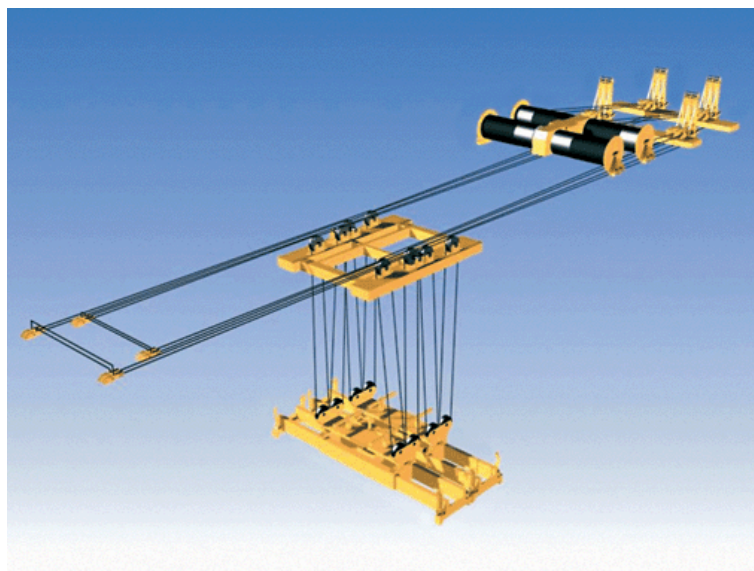
A1. Tabla características técnicas de las grúas puente del puerto de Barcelona

Características técnicas grúas

| Terminal | TCB | TCB | | | | |
|---|--------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| Marca | KONE | KONE | Liebherr | Liebherr | Liebherr | PACECO |
| Modelo | 910 y 911 | 912 y 913 | IR - 1315 | IR - 1534/1535 | IR - 1648/49 | |
| Tamaño de Buque | Super post-Panamax | Super post-Panamax | | | | |
| Nº contenedores de manga | 18 | 18 | | | | |
| Peso | 912 tm | 998 tm | | | | |
| Tensión de Alimentación | 6,0 kV | 6,0 kV | | 6,0 kV | 6,0 kV | 6000 / 440 V |
| Sistema de control | Digital D.C. | via PLC fully A.C. | | | | |
| Capacidad de carga bajo sprader | 50,8 tm | 60 tm | 30,5 tm | 35,5 tn | 60 tm | 35 tm |
| Capacidad de carga bajo gancho | 60,7 tm | 70 tm | | 47 tn | 67 tn | |
| Velocidad de elevación con carga | 53 m/min | 75 m/min | 12 m/min | 50 m/min | 50 m/min | 35 m/min |
| Velocidad de elevación en vacío | 130 m/min | 150 m/min | 33 m/min | 130 m/min | 90m/min | 70 m/min |
| Velocidad de translación carro con carga | 180 m/min | 210 m/min | 26 m/min | 185 m/min | 150 m/min | 120 m/min |
| Velocidad de translación pórtico | 45 m/min | 45 m/min | 36 m/min | 45 m/min | 45 m/min | 45 m/min |
| Tiempo de elevación o descenso de la pluma | 5,0 min | 5,0 min | 7,0 min | 5,0 min | 5,0 min | 6,0 min |
| Alcance pluma desde rail lado mar | 50 m | 51 m | 24,38 m | 33,00 m | 49,15 m | |
| Separacion entre railes | 30,48 m | 30,48 m | 30,48 m | 17,34 m | 15,4 m | |
| Alcance posterior desde rail lado tierra | 18,3 m | 18,3 m | 10,67 m | | 15,24 m | |
| Altura max. Spreader sobre carril lado mar | 33,5 m | 33,5 m | 33,53 m | 49 m | 56,0 m | |
| Ancho entre patas para paso de contenedores | 16,76 m | 18,3 m | 30,48 m | | | |
| Spreader | Bromma 20',40',45' | Feet 20',40',45' | Bromma 20',40' | Bromma 20',40' | Bromma 20',40' | 20', 30', 35', 40',45' |
| Velocidad del viento máx. en operativa | 72 km/h | 73 km/h | | | | |
| Recorrido de la grúa | ±300 m | ±300 m | ±300 m | ±300 m | ±300 m | ±300 m |

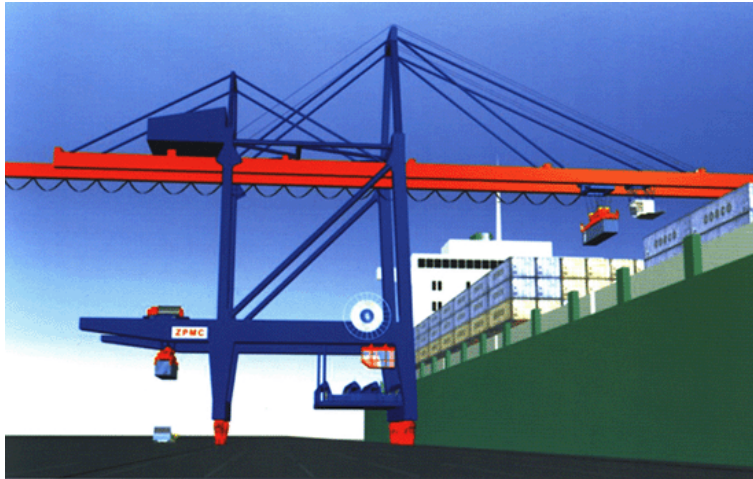
A3. Sistema de mecanismo de elevación doble

(Twin 40' Quayside Container Crane)



A4. Sistema de mecanismo de doble carro

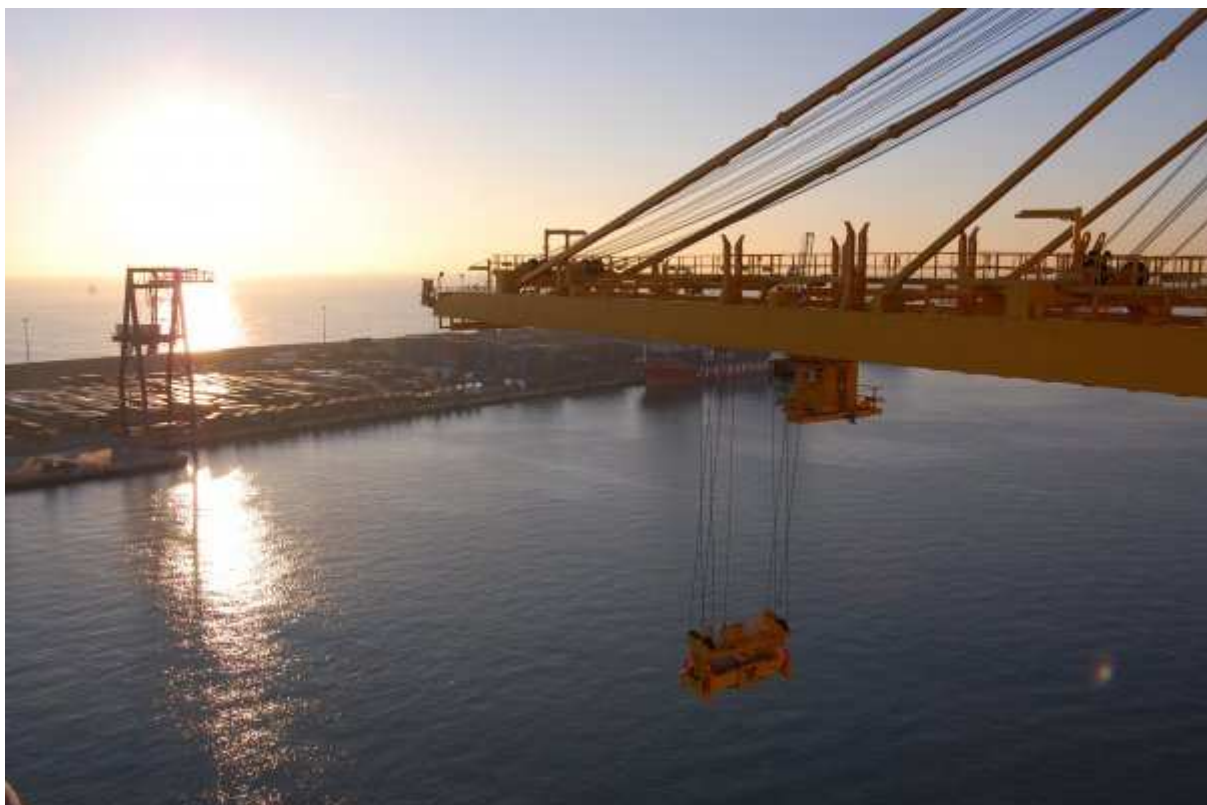
(Double Trolley Quayside Container Crane)



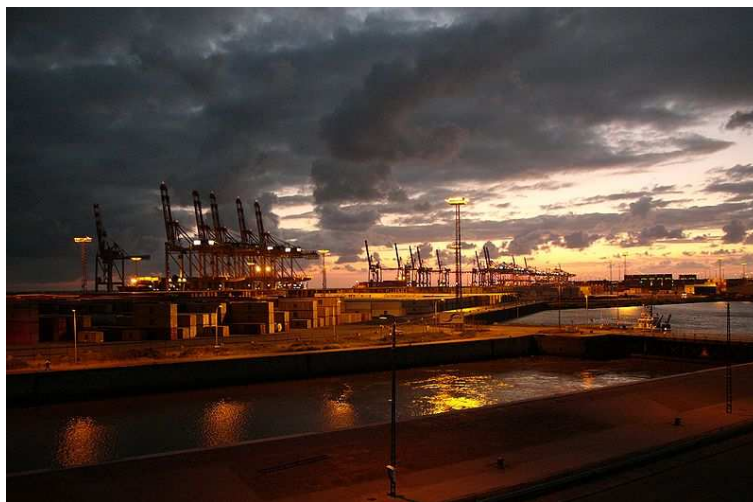
A5. Sistema de mecanismo de doble carro y elevación doble



A6. Fotografías



A6.1. Terminales



Terminal de contenedores de Bremerhaven.



Terminal de contenedores de Barcelona.

A6.2. Grúas porta-contenedores



ZPMC Post-panamax Container Cranes at the Port of Oakland, USA (2002)



ZPMC Post-panamax Quayside Container at the Yantian International Container Terminal China(2004)

A6.3. Transporte de grúas porta-contenedores por ZPMC.



A6.4 LIFT ZPMC





A6.5. Visibilidad del operario



Grúa portainer de la terminal de TCB.

A6.6. Plumas





Pluma grúa portainer de la terminal TCB.

A6.7. Cabina



Cabina grúa portainer de la terminal TCB.